

Министерство образования и науки Челябинской области

ГБПОУ «Троицкий технологический техникум»

**Методические указания  
к выполнению лабораторных работ**

по дисциплине: **ОП.09Электротехника и электроника**

по специальности **22.02.06Сварочное производство**

2020

Методические указания для выполнения лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Электротехника и электроника» по специальности 22.02.06.Сварочное производство

Разработчик: Перфильева Л.С., преподаватель профессионального цикла.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии по программам подготовки специалистов среднего звена технического профиля

Протокол № 7 от «14» мая 2020г.

## **Содержание:**

1. Пояснительная записка
2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ
3. Требования к технике безопасности при выполнении работ
4. Тематика и содержание лабораторных работ
5. Список используемой литературы.

### **1. Пояснительная записка**

Целью проведения лабораторных работ является:

- лучшее усвоение материала, закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по учебной дисциплине;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования общих и профессиональных компетенций

Согласно учебного плана и рабочей программы дисциплины общий объем на выполнение лабораторных работ составляет 6 часов.

### **2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ.**

Обучающийся должен:

- строго выполнять весь объем самостоятельной подготовки, указанный в описании соответствующих лабораторных (практических) работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности обучающегося, которая проводится преподавателем;
- знать, что после выполнения работы обучающийся должен представить отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Критерии оценки лабораторных (практических) работ.

Например:

Оценка «5» - работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» - работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» - работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» - допущены две (и более) существенных ошибок в ходе работы, которые обучающиеся не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
4. Перечень оборудования и приборов.
3. Электрическую схему работы, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД.
4. Расчетные формулы и примеры расчетов. Таблицу с экспериментальными и расчетными данными.
5. Выводы по работе.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями СПДС и ЕСКД на листах формата А4 разборчивым почерком чернилами одного цвета (синего или черного). Чертежи, схемы выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов.

Каждую лабораторную работу начинают с нового листа, на который нанесена рамка рабочего поля со штампом (приложение 1). Рамки отстоят от внешней стороны листа слева на 20 мм, от других сторон на 5 мм.

Описки, графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста. Титульный лист оформляется в соответствии со стандартом техникума.

### **3. Требования к технике безопасности при выполнении работ**

- 1.Перед тем как приступить к выполнению работы, тщательно изучите ее описание, ход ее выполнения.
2. Приступить к выполнению работы учащиеся могут только с разрешения преподавателя.
- 3.Будьте внимательны, дисциплинированны, осторожны, точно выполняйте указания преподавателя.
4. Учащимся категорически запрещается доступ к распределительным щитам и установкам, не относящимся к выполняемой ими работы.

5. Не оставляйте рабочее место без разрешения преподавателя.
6. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
7. Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.
8. Производите сборку электрических цепей, переключения в них только при отключенном источнике питания.
9. Не включайте источники электропитания без разрешения преподавателя.
10. Если по ходу работы установку требуется неоднократно включать или отключать, то эти операции должны быть поручены только одному лицу. В аварийных случаях отключение установки может быть произведено любым из участников работы.
11. Проверяйте наличие напряжения на источнике питания или других частях электроустановки с помощью указателя напряжения.
12. Следите, чтобы изоляция проводов была исправна, а на концах проводов были наконечники, при сборке электрической цепи провода располагайте аккуратно, а наконечники плотно зажимайте клеммами. Выполняйте наблюдения и измерения, соблюдая осторожность, чтобы случайно не прикоснуться к оголенным проводам (токоведущим частям, находящимся под напряжением).
13. Не прикасайтесь к конденсаторам даже после отключения электрической цепи от источника электропитания: их сначала нужно разрядить.
14. По окончании работы отключите источники электропитания, после чего разберите электрическую цепь, приберите свое рабочее место.
15. Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник электропитания и сообщите об этом преподавателю.
16. В случае аварии, во время работы НЕМЕДЛЕННО отключить питающий автомат.

#### **4. Тематика и содержание лабораторных работ**

##### **Перечень лабораторных работ**

№ п/п	Наименование работы	Кол- во часов	Тема
1	Опытная проверка закона Ома. Определение сопротивления методом вольтметра-амперметра.	2	1.3

2	Исследование электрической цепи со смешанным соединением резисторов.	2	1.3
3	Исследование режимов работы электрической цепи.	2	1.3
4	Исследование однофазной цепи переменного тока	2	1.5
5	Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей звездой	2	1.6
6	Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником	2	1.6
7	Проверка и подключение однофазного счетчика	2	1.7
8	Исследование однофазных выпрямителей	2	2.2
9	Исследование однокаскадного усилителя на биполярном транзисторе.	2	2.3
10	Работа с электронно-лучевым осциллографом	2	2.3
11	Исследование типовых логических элементов.	2	2.4

## Лабораторная работа №1

### Опытная проверка закона Ома для участка цепи. Определение сопротивления методом вольтметра-амперметра

**Цель работы:** Опытным путем проверить правильность закона Ома для участка, научиться пользоваться амперметром и вольтметром, собирать электрическую схему, научиться измерять сопротивление проводника при помощи амперметра и вольтметра.

**Оборудование и оснащение:** Лабораторный стенд «Уралочка», мультиметры-2шт, магазины сопротивлений 2шт, соединительные провода, методические указания.

#### Краткие теоретические сведения

Электрический ток это направленное движение заряженных частиц в электрическом поле. В твердом состоянии все металлы имеют кристаллическое строение.. Атомы , лишенные части своих электронов становятся положительно заряженными ионами. Ионы металла расположены упорядоченно, образуя кристаллическую решетку  
Если в металле возникает электрическое поле, свободные электроны начинает смещаться в направлении этого поля, создавая в металле электрический ток.

При движении по кристаллу свободные электроны сталкиваются с атомами проводника. Таким образом, возникает сопротивление проводника, причиной которого является взаимодействие движущихся электронов с ионами кристаллической решётки. Электрическое сопротивление – физическая величина. Обозначается буквой **R**, единица измерения в СИ - **Ом**.  
Проводник, обладающий электрическим сопротивлением, называется резистором.

Количественной мерой электрического тока служит ***сила тока I – физическая величина, равная заряду q, проходящему через поперечное сечение проводника за единицу времени.***

В Международной системе единиц СИ сила тока измеряется в Амперах (A). Сила электрического тока измеряется прибором называемым амперметром. Амперметр включается в цепь последовательно. Для увеличения диапазона обозначений единицы изменения существуют такие приставки кратности как микро – микроампер ( $1\text{мкА}=10^{-6}\text{ A}$ ), мили – миллиампер ( $1\text{mA}=10^{-3}\text{ A}$ ). Напряжение — это физическая величина, характеризующая электрическое поле. Напряжение показывает, какую работу совершает электрическое поле при перемещении единичного положительного заряда из одной точки в другую.  $\mathbf{U}=\frac{\mathbf{A}}{\mathbf{q}}$

В Международной системе единиц СИ напряжение измеряется в Вольтах (В). Электрическое напряжение измеряется прибором, называемым вольтметром. Вольтметр включается в цепь параллельно резистору. Для изменения диапазона обозначений, существуют кратные приставки: микровольт (мкВ), милливольт (мВ), киловольт (кВ), мега – мегавольт (МВ).

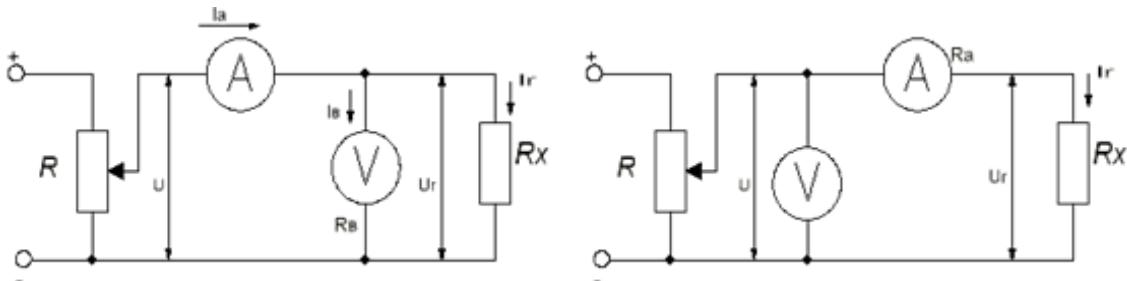
Закон Ома для участка цепи определяет зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением на участке цепи.

$$I = \frac{U}{R}$$

***Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка.***

### Задание и порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь по схеме (любой вариант).



2. Определите сопротивление методом вольтметра-амперметра

*1 измерение* Измерьте силу тока в цепи и напряжение на  $R_X$ .

*2 измерение* Измените сопротивление в цепи и снова измерьте силу тока и напряжение на исследуемом резисторе. Результаты измерений занесите в таблицу 1

Используя закон Ома, вычислите сопротивление проводника по данным измерений и запишите в таблицу1.

Таблица 1

Номер измерения	U, В	I, А	R, Ом
1			
2			

3. Снимите экспериментально и постройте графики зависимости  $I = f(U)$  при  $R = \text{const}$ . Для этого заполните таблицу2

Таблица 2

U, В	I, А при $R = 100$ Ом	I, А при $R = 150$ Ом	I, А при $R = 200$ Ом
0			
5			
10			

4. Снимите экспериментально и постройте графики зависимости  $I = f(R)$  при  $U = \text{const}$ . Для этого заполните таблицу3

Таблица 3

R, Ом	100	150	200
I, А при $U = 10$ В			
I, А при $U = 5$ В			

5. Проведите краткий анализ графиков и сделайте вывод о закономерностях между параметрами, входящими в закон Ома.

### Контрольные вопросы:

1. Что называется электрическим током, в каких единицах измеряется? Каким прибором измеряется сила тока?
3. Что называется сопротивлением, в каких единицах измеряется?
6. Что называется напряжением, в каких единицах измеряется напряжение?
8. Каким прибором измеряется напряжение?
9. Запишите закон Ома для участка цепи и сформулируйте его
10. Запишите формулу зависимости сопротивления от геометрических размеров.

### Содержание отчета

1. Тема, цель, оборудование и приборы
2. Схема, таблицы измерений, расчеты, вывод по работе
3. Контрольные вопросы и ответы.

## **Лабораторная работа №2**

### **Исследование электрической цепи со смешанным соединением резисторов**

**Цель работы:** Получить навыки сборки электрических цепей, измерений токов и напряжений. Исследовать особенности смешанного соединения элементов в электрических цепях постоянного тока.

**Оборудование и оснащение:** Лабораторный стенд «Уралочка», магазины сопротивлений (резисторов) – 3шт; мультиметр – 3шт; методические указания.

#### **Краткие теоретические сведения**

Последовательным соединением сопротивлений называется такое соединение, при котором конец первого сопротивления соединяется с началом второго, конец второго - с началом третьего и т. д.

Общее сопротивление последовательно соединенных резисторов равно сумме их сопротивлений.

$$R_{общ.} = R_1 + R_2 + R_3$$

Во всех точках последовательной цепи величина тока одинакова.

Напряжение источника питания, приложенное к внешнему участку цепи, распределяется по участкам цепи прямо пропорционально сопротивлениям этих участков.

Напряжение, приложенное к каждому из этих резисторов, определяется по формуле:  $U = I \cdot R$

Так как ток в последовательной цепи везде одинаков, напряжение на ее участках зависит от сопротивления, чем больше сопротивление тем большее напряжение приложено к данному участку.

Сумма напряжений на участках последовательной цепи равна напряжению источника энергии.

Параллельным соединением сопротивлений называется такое соединение, при котором к одному зажиму источника подключаются начала сопротивлений, а к другому зажиму - концы.

Общее сопротивление параллельно включенных сопротивлений всегда меньше наименьшего сопротивления, входящего в данное соединение.

Если параллельно включено только два резистора то их общее сопротивление можно определить по формуле:

$$R_{общ.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Если параллельно включено любое количество резисторов одинаковых сопротивлений, то их общее сопротивление можно определить, если сопротивление одного резистора разделить на количество резисторов.

$$R_{общ} = \frac{R}{n}$$

Так как начала всех сопротивлений сведены в одну общую точку, а концы - в другую, то очевидно, что разность потенциалов на концах любого из параллельно включенных сопротивлений равна разности потенциалов между общими точками.

Итак, при параллельном соединении сопротивлений напряжения на них равны между собой.

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Второе свойство цепи с параллельным соединением заключается в том, что электрический ток распределяется по параллельным ветвям обратно пропорционально их сопротивлениям.

Это значит что, чем больше сопротивление, тем меньше по нему пойдет ток.

$$I = \frac{U}{R}$$

Величина тока в неразветвленной части цепи равна сумме токов в параллельных ветвях.

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

### Задание и порядок выполнения работы

- Собрать схему на рис 1а, произвести измерение  $I_3$ . После проверки схемы преподавателем подать напряжение питания.
- Собрать схему на рис 1б, произвести измерение  $I_1, U_1$ . Собрать схему на рис 1в, произвести измерение  $I_2, U_2$ .

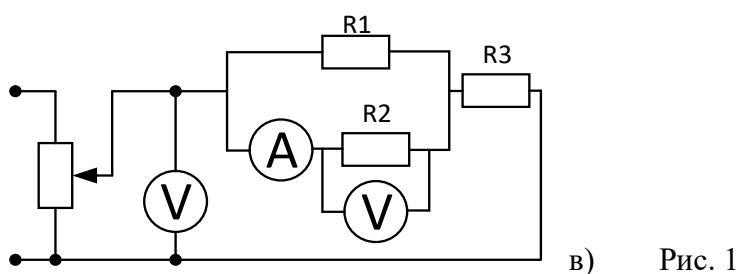
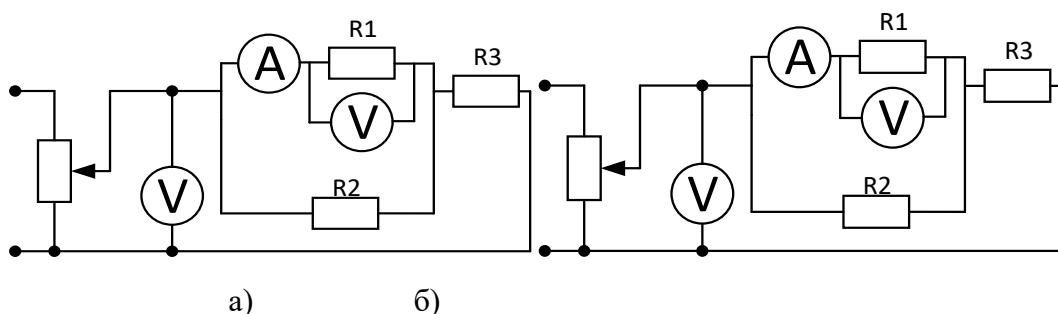


Рис. 1

3. Порезультатам измерений и расчетов заполнить таблицу 1

Таблица 1

Схема	U В	R <sub>1</sub> Ом	R <sub>2</sub> Ом	R <sub>3</sub> Ом	I <sub>3</sub> А	I <sub>1</sub> А	I <sub>2</sub> А	U <sub>1</sub> В	U <sub>2</sub> В	I А	U <sub>3</sub> В	P Вт	P <sub>1</sub> Вт	P <sub>2</sub> Вт	P <sub>3</sub> Вт
Рис1а					-	-	-	-	-						
Рис1б					-	-	-	-	-						
Рис1в					-	-	-	-	-						

4. Составить баланс мощностей. $U \cdot I = R_1 \cdot I^2_1 + R_2 \cdot I^2_2 + R_3 \cdot I^2_3$ .

5. Сделать выводы по работе.

### Контрольные вопросы

1. Какие соединения резисторов называют последовательным или параллельным?
2. Как определить общее сопротивление резисторов при последовательном и припараллельном соединениях?
3. Что называется проводимостью, в каких единицах она измеряется?
4. Чему равен общий ток цепи и напряжения на участках при последовательном и параллельном соединениях резисторов?
5. Как определяется мощность на участках цепи и мощность всей цепи?

### Содержание отчета

- 1) Тема, цель работы;
- 2) Схемы, таблица измерениями и результатами расчетов, выводы.
- 3) Контрольные вопросы и ответы

## Лабораторная работа №3

### Исследование режимов работы электрической цепи

**Цель работы:** Исследовать изменения токов, напряжений, мощностей и КПД в цепи при изменении сопротивления от бесконечности (хх) до нуля (кз).

**Оборудование и оснащение:** Лабораторный стенд «Уралочка», мультиметр – 4шт, магазин сопротивлений – 2шт, соединительные провода, методические указания.

### Краткие теоретические сведения:

Параметры, характеризующие работу электрической цепи в различных режимах, определяются выражениями:  $I = \frac{U}{R_1+R_2}$ ;

$$U_2 = U - U_1 = U - I \cdot R_1; P_2 = P - P_1 = UI - I^2 R_1;$$

- Холостой ход можно получить, разомкнув выключатель, при этом ток в цепи будет отсутствовать:  $R_2 = \infty$ ;  $I = 0$ ;  $U_2 = U$ ;  $U_1 = 0$ ; и  $P = 0$ .
- Короткое замыкание получим, если при замкнутом выключателе установим сопротивление  $R_2 = 0$ . В цепи возникает наибольший ток (ток короткого замыкания):  $I_{kz} = E/R_1$ ;  $U_2 = 0$ ;  $U_1 = 0$ ;  $P=0$

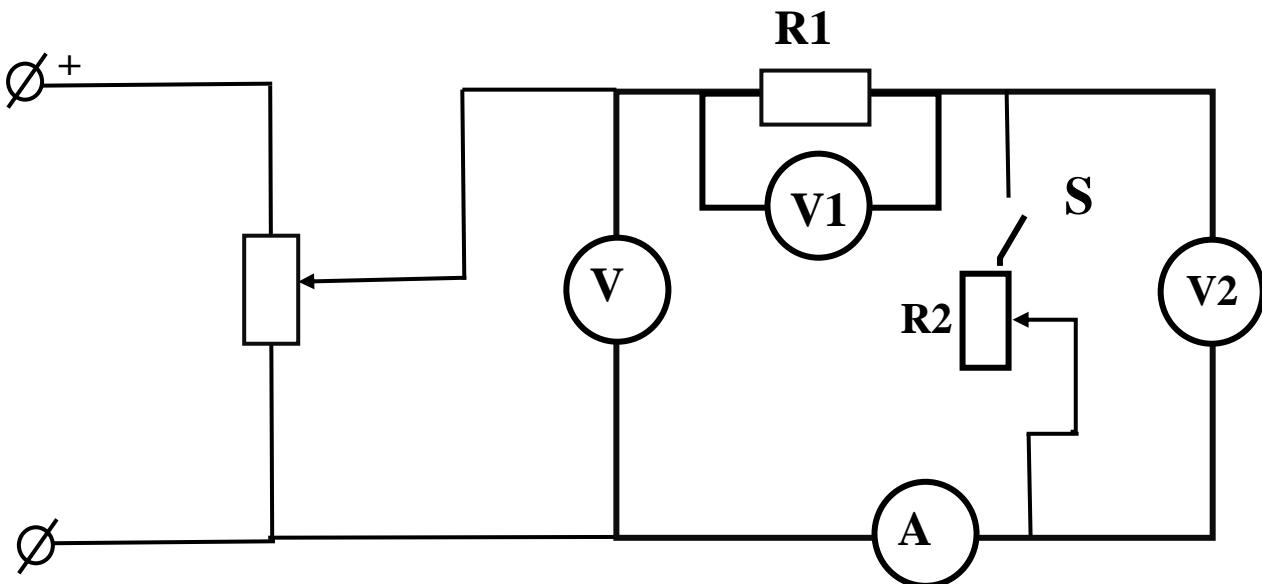
Все остальные значения соответствуют рабочему режиму.

- Падение напряжения на первом резисторе прямо пропорционально силе тока:  $U_1 = IR_1$ .  
Падение напряжения на втором резисторе можно исследовать по формулам:  $U_2 = IR_2$  и  $U_2 = U - IR_1$ .
- Мощность первого резистора пропорционально квадрату силы тока:  $P_1 = I^2 R_1$   
мощность второго резистора:  $P_2 = I^2 R_2 = U_2 I = P - P_1$ , где  $P = UI$  – полная мощность цепи.

Если считать, что  $R_2$  – сопротивление нагрузки, а  $R_1$  – внутренне сопротивление источника, то КПД:  $\eta = P_2/P = P_2/(P_1 + P_2)$

### Порядок выполнения работы:

- Выбрав необходимые приборы, собрать цепь и показать ее преподавателю для проверки.



- Включить цепь, установить необходимое напряжение. Изменяя сопротивление  $R_2$  от нуля (короткое замыкание) до бесконечности (холостой ход), для 4-6 значений

этого сопротивления произвести измерение силы тока и напряжения. При этом одно значение должно обязательно соответствовать случаю, когда:  $I = I_k/2$ .

Результаты измерений записать в таблице 1

Таблица 1

Из опыта				Из расчёта							Режим работы
U, В	U <sub>1</sub> , В	U <sub>2</sub> , В	I, А	R <sub>1</sub> , Ом	R <sub>2</sub> , Ом	R, Ом	P <sub>1</sub> , Вт	P <sub>2</sub> , Вт	P, Вт	η, %	
											ХХ
											КЗ
											нормальный

- 1.3 По полученным данным рассчитать сопротивления, мощности и КПД цепи.
- 1.4 Сделать заключение относительно:
  - а) возможных режимов работы электрической цепи;
  - б) характера изменения тока при увеличения сопротивления?

### Контрольные вопросы

1. Назовите признаки режима холостого хода электрической цепи.
2. Назовите признаки режима короткого замыкания электрической цепи. Почему режим считается аварийным?
3. Назовите признаки номинального режима электрической цепи. Каково практическое назначение режима?
4. Назовите признаки согласованного режима электрической цепи. Каково практическое назначение режима? Чем ограничивается использование данного режима?

### Содержание отчета

1. Название и цель работы
2. Схема, таблица, расчеты, выводы.
3. Контрольные вопросы и ответы

## Лабораторная работа № 4

### Исследование однофазной цепи переменного тока

**Цель работы:** Определить основные параметры исследуемой цепи, содержащую последовательно соединенные сопротивления  $R_k$ ,  $X_L$  (катушка) и  $X_C$  (конденсатор).

**Оборудование и оснащение:** Лабораторный стенд «Уралочка», ваттметр, 3 мультиметра, катушка индуктивности, магазин конденсаторов, методические указания.

### Задание и порядок выполнения

1. Ознакомиться с методическими указаниями и исследуемой схемой.
2. Собрать схему, произвести измерения, выполнить расчеты.
3. Оформить отчет.

### Краткие теоретические сведения

При последовательном включении катушки индуктивности и конденсаторной батареи получаем электрическую цепь с последовательным соединением активного  $R_K$ , индуктивного  $X_L$  и емкостного  $X_C$  сопротивлений.

При последовательном соединении катушки и конденсатора ток цепи определяется по закону Ома:  $I = U/Z$ , где  $Z$  – полное сопротивление цепи  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ ,  $X = X_L - X_C$  - реактивное сопротивление цепи

В такой цепи можно выделить три характерных режима работы в случаях, когда  $X_L > X_C$ ,  $X_L < X_C$ ,  $X_L = X_C$ . Векторные диаграммы для этих режимов представлены на рис.1.

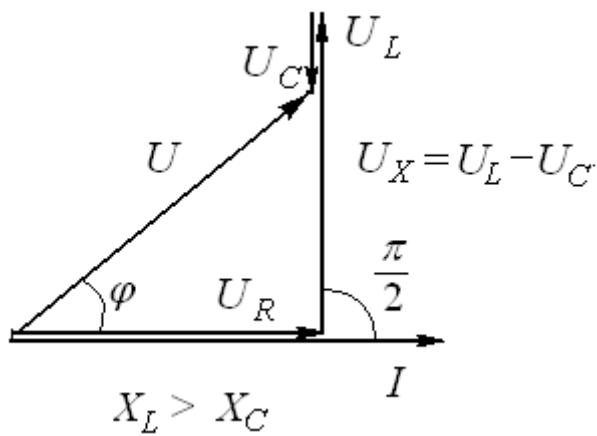


Рис. 1а  $X_L > X_C$

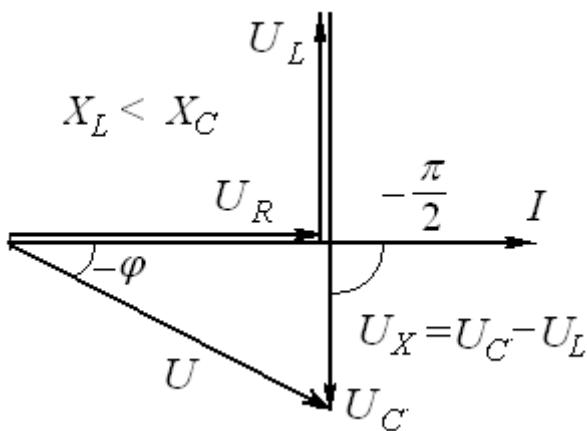


Рис. 1б  $X_L < X_C$

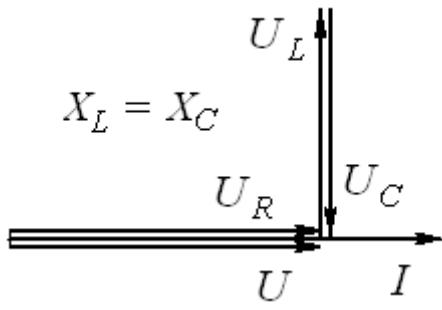


Рис. 1с  $X_L = X_C$

Если  $X_L > X_C$ , то участок цепи с R,L,C-элементами имеет активно-индуктивный характер, и при этом ток отстает по фазе от напряжения на угол  $\phi$ . При соотношении сопротивлений  $X_L < X_C$  нагрузка имеет активно-емкостной характер и ток опережает напряжение на фазовый угол  $\phi$

$$\phi = \arctg (X/R) - \text{угол сдвига фаз между напряжением и током.}$$

Напряжения на участках:

$$U_R = RI; \quad U_L = X_L I; \quad U_C = X_C I$$

$$\text{Активная мощность: } P = R I^2 = U_R I = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$\cos \phi = P/S = U_R/U = R/Z - \text{коэффициент мощности}$$

$$\text{Реактивные мощности: } Q_L = X_L I^2 = U_L I; \quad Q_C = X_C I^2 = U_C I;$$

$$Q = Q_L - Q_C = U \cdot I \cdot \sin \phi \quad \sin \phi = Q/S = (U_L - U_C)/U = (X_L - X_C)/Z$$

$$\text{Полная мощность цепи: } S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

### Задание и порядок выполнения работы

- Собрать электрическую схему (рис.2). Предъявить преподавателю для проверки.

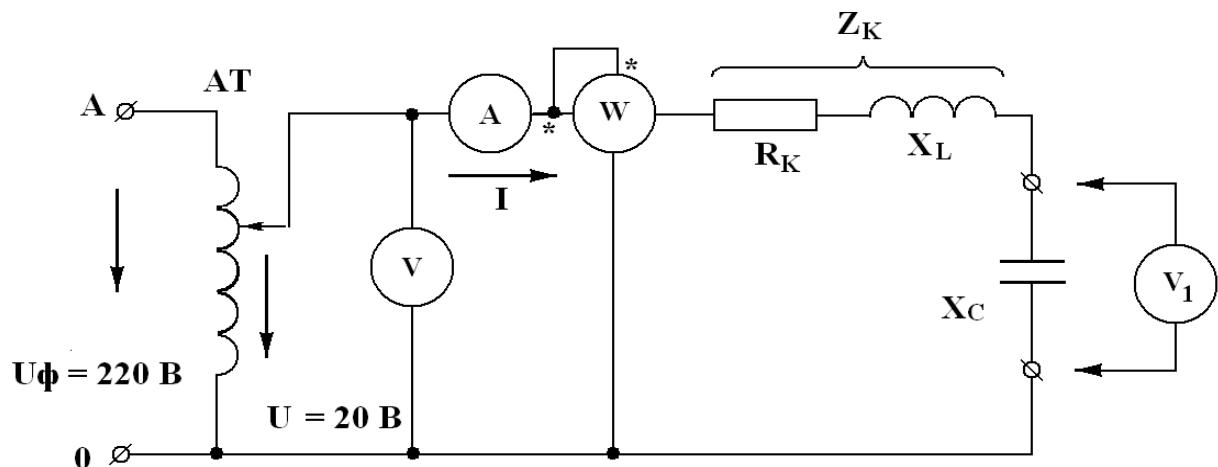


Рис.2.

2. Подать на схему напряжение питания, заданное преподавателем.
3. Измерить ток в цепи I, напряжения на элементах и активную мощность P при условии  $X_L > X_C$ . Показания приборов занести в таблицу 1.
4. Повторить пп.2 и 3 для режимов  $X_L < X_C$  и  $X_L = X_C$ .
5. Рассчитать параметры, указанные в табл., заполнить таблицу.
6. Построить векторные диаграммы.

Таблица 1

Режим	U,B	I,A	$U_R$ B	$U_L$ B	$U_C$ B	P Вт	R Ом	$X_L$ Ом	$X_C$ Ом	Z Ом	Q вар	S ВА	C мкФ	$\phi$
$X_L > X_C$														
$X_L < X_C$														
$X_L = X_C$														

### Контрольные вопросы

1. Что такое сдвиг фаз?
2. Чему равны индуктивное и емкостное сопротивления, и в каких единицах их измеряют?
3. Чему равно полное сопротивление неразветвленной цепи с R,L,C
4. Записать закон Ома для действующих значений однофазной цепи переменного тока.

### Содержание отчета

1. Тема, цель, задание.
2. Схема, таблица с результатами измерений и расчетов, векторные диаграммы.
3. Ответы на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа № 5

### Определение параметров и исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении потребителя звездой.

**Цель работы:** Экспериментально проверить свойства цепи трехфазного тока при соединении приемников «звездой»; выяснить роль нулевого провода в четырехпроводной системе; построить векторные диаграммы.

**Оборудование и оснащение:** стенд «Уралочка», мультиметры -5шт, магазин сопротивлений – 3шт, соединительные провода, методические указания.

### **Основные теоретические сведения.**

1. Фазы трехфазного потребителя могут соединяться звездой или треугольником. В лабораторной работе исследуется активная нагрузка, соединенная в звезду (рис.1). Потребитель считается симметричным, если комплексы сопротивления его фаз равны.

$$Z_A = Z_B = Z_C.$$

Если обмотки трехфазного генератора соединены звездой, то линия может быть трех проводной (без нейтрального провода) и четырех проводной (с нейтральным проводом). Напряжения между нейтральными точками генератора и потребителя можно определить по методу узлового напряжения:

$$U_N = (E_A Y_A + E_B Y_B + E_C Y_C) / (Y_A + Y_B + Y_C + Y_N) \text{ - напряжение смещения нейтрали}$$

Здесь

$$Y_A = 1/Z_A; Y_B = 1/Z_B; Y_C = 1/Z_C; Y_N = 1/Z_N;$$

-комплекс значения проводимостей ветвей, если не учитывать сопротивления фаз генератора и соединительных проводов.

Сила тока в ветвях:

$$I_A = (\dot{E}_A - U_N) Y_A; \quad I_B = (\dot{E}_B - U_N) Y_B;$$

$$I_C = (E_C - U_N) Y_C; \quad I_N = -U_N Y_N$$

При соединении в звезду фазный ток равен линейному:  $I_\Phi = I_L$

Напряжения на фазах потребителя симметричны:

$$U_A = I_A Z_A, \quad U_B = I_B Z_B, \quad U_C = I_C Z_C,$$

а их действующие значения меньше линейного напряжения в  $\sqrt{3}$  раз:

$$U_A = U_B = U_C = U_\Phi = U_L / \sqrt{3}$$

В нейтральном проводе 4-х проводной осветительной магистрали запрещена установка предохранителей или выключателей, т.к. при отключении нейтрального провода фазные напряжения могут стать неравными. В результате в одних фазах(или одной фазе)может наблюдаться уменьшение, а в других фазах(или одной фазе) –увеличение фазного напряжения. Это и будет явлением смещения нейтрали.

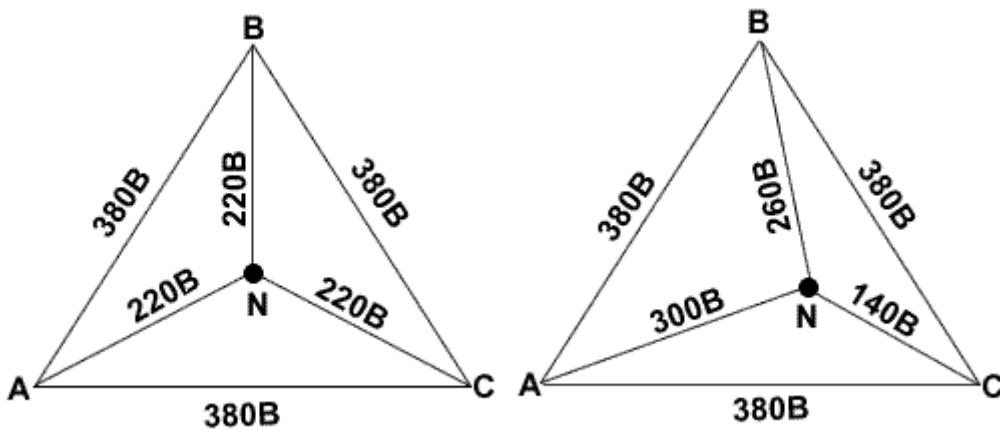


рис.4. Графическое представление результата смещения нейтрали

### Порядок выполнения.

1. Определить размещение приборов.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис.1).

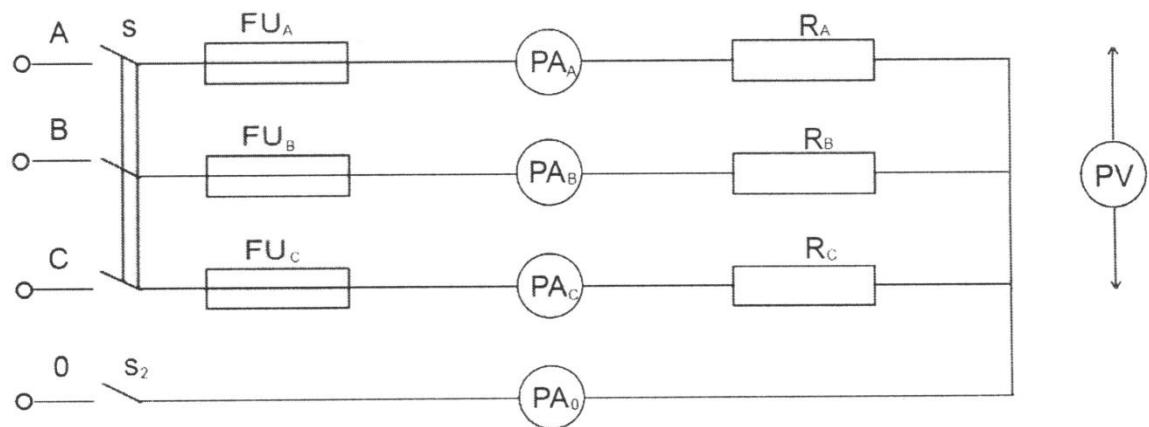


Рис. 1. Схема трехфазной цепи переменного тока.

3. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схем.

Напряжение источника:  $U=52/30\text{В}$ . Сопротивление фаз:  $R_A=R_B=R_C = 150 \text{ Ом}$ .

4. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
5. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в табл.1.
6. Разомкнуть ключ  $S_2$  и произвести необходимые измерения, результат которых занести в табл.1.
7. Отключить источник питания.

Таблица 1

№ опыта	Ключ (S <sub>2</sub> )	Из опыта										Из расчетов			
		I <sub>A</sub> A	I <sub>B</sub> B	I <sub>C</sub> C	U <sub>A</sub> B	U <sub>B</sub> B	U <sub>C</sub> B	U <sub>AB</sub> B	U <sub>BC</sub> B	U <sub>CA</sub> B	I <sub>N</sub> A	P <sub>A</sub> Вт	P <sub>B</sub> Вт	P <sub>C</sub> Вт	P Вт
1	Вкл.														
	Откл.														
2	Вкл.														
	Откл.														
3	Вкл.														
	Откл.														

6. Разомкнуть ключ S<sub>2</sub> и произвести необходимые измерения, результат которых занести в табл.1.

7. Отключить источник питания.

#### 8. Произвести необходимые расчеты по формулам:

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A; P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B;$$

$$P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C; P = P_A + P_B + P_C$$

Где P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>, P<sub>C</sub>- активная мощность в соответствующей фазе; I<sub>A</sub>, I<sub>B</sub>, I<sub>C</sub>- сила тока в соответствующей фазе; U<sub>A</sub>, U<sub>B</sub>, U<sub>C</sub>- фазное напряжение; cosφ<sub>A</sub>, cosφ<sub>B</sub>, cosφ<sub>C</sub>- коэффициент мощности в соответствующей фазе;

P- активная мощность в цепи.

9. расчеты занести в табл.1

10. Изменить исходные параметры цепи:

$$R_A = 150 \text{ Ом}; R_B = 250 \text{ Ом}; R_C = 100 \text{ Ом}$$

11. Повторить пункты 4-9

12. Изменить исходные параметры цепи: R<sub>A</sub> = ∞ Ом;

13. Повторить пункты 4-9

14. Разобрать электрическую цепь.

15. Построить векторные диаграммы напряжений и токов для опытов с нулевым проводом.

16. На основании опытных данных, расчетов и векторных диаграмм сделать выводы:

- о целесообразности нейтрального провода при симметричной нагрузке;
- о роли нейтрального провода при несимметричной нагрузке;
- о роли нейтрального провода при обрыве линейного провода.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое «перекос фаз»?
2. Какое напряжение называют «смещение нейтрали »?
3. Что происходит при коротком замыкании одной из фаз, если при этом в цепи отсутствует нейтральный провод и при его присутствии?

### **Содержание отчета**

1. Тема, цель, перечень оборудования.
2. Схема, таблица с результатами опыта и расчетов.
3. Векторные диаграммы.
4. Контрольные вопросы и ответы.

## **Лабораторная работа №6**

### **Определение параметров и исследование режимов работы трёхфазной цепи при соединении потребителей треугольником.**

**Цель работы:** Определение основных соотношений между фазными и линейными значениями токов и напряжений при включении активного симметричного и несимметричного потребителя треугольником.

**Оборудование и оснащение:** Стенд «Уралочка», мультиметры 7шт., магазины сопротивлений 3шт, соединительные провода, методические указания.

### **Краткие теоретические сведения.**

1. В лабораторной работе исследуется активная нагрузка, соединенная в треугольник (Рис.1). Из анализа схем следует, что фазные напряжения равны линейным:  $U_\Delta = U_\Phi$ . В фазных потребителях возникают фазные токи:  $I_{ab}, I_{bc}, I_{ca}$ , а в линейных проводах линейные:  $I_A, I_B, I_C$ . На схеме (Рис.1) указаны положительные направления токов. Используя первый

закон Кирхгофа для комплексов токов, можно записать выражение линейных токов:

$$I_a = I_{ab} - I_{ca}; I_b = I_{ab} - I_{bc}; I_c = I_{ca} - I_{bc}.$$

Фазные токи определяются по закону Ома:  $I_{AB} = U_{ab}/Z_{ab}$ ;  $I_{BC} = U_{bc}/Z_{bc}$ ;  $I_{CA} = U_{ca}/Z_{ca}$ .

2. При фазной нагрузке фазные токи равны по величине и сдвинуты между собой по фазе на угол  $120^\circ$ . При этом линейные токи больше фазных:  $I_L = \sqrt{3}I_\Phi$ .

Угол сдвига между фазным напряжением и током зависит от характера нагрузки. При симметричном потребителе линейные токи отстают от соответствующего фазного тока всегда на угол  $30^\circ$ .

3. Полная мощность каждой фазы:  $S_\Phi = U_\Phi; S_\Phi = P_\Phi + jQ_\Phi$

Активную мощность фаз можно найти другим способом:

$$P_\Phi = U_\Phi I_\Phi \cos \varphi$$

$$\text{Реактивную: } Q_\Phi = U_\Phi I_\Phi \sin \varphi$$

Угол  $\varphi$  по тригонометрической функции каждой фазы:

$$\sin \varphi = X/Z \text{ или } \cos \varphi = R/Z$$

Активная мощность трехфазного несимметричного потребителя равна арифметической сумме мощности отдельных фаз:  $P = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca}$ , а реактивная- алгебраической сумме:  $Q = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca}$ .

Полная мощность всего потребителя:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ . При симметричной нагрузке мощность всех фаз одинаковы по величине и характеру поэтому:  $P = 3P_\Phi = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi$ ,  $Q = 3Q_\Phi = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi$ ,  $S = 3S_\Phi = \sqrt{3}U_L I_L$ .

4. С изменением сопротивления одной из фаз меняются силы тока этой фазы и токи линейных проводов, но не изменяется режим работы двух других фаз. Соединение в треугольник исключает возможность проявление повышенных напряжений на фазах при обрыве одного из проводов, как это бывает при соединении в звезду. Например при обрыве провода С фаза ВА и СА окажутся соединенными последовательно и включенными под линейное  $U_{AB}$ , поэтому при симметричном потребителе на каждой фазе появится напряжение, равное половине линейного. Напряжение на зажиме фазы АВ неизменится, она будет продолжать работать в прежнем режиме.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Собрать схему (рис.1) .
2. Установить на магазинах сопротивлений заданные параметры  $Z$ (смотри таблицу №1) и пределы измерения приборов.
3. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.  
Подать питание на стенд, снять показание приборов  $I_a, I_b, I_c, I_{ab}, I_{bc}, I_{ca}$ , измерить переносным вольтметром напряжение  $U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}$ , результаты измерений записать в таблицу №1.

### Примечания.

- 1) Первый опыт-нагрузка симметричная:  $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$
- 2) Второй опыт-нагрузка несимметрична:  $Z_{ab} \neq Z_{bc} \neq Z_{ca}$
- 3) Третий опыт-обрыв одного из фазных проводов

### Схема лабораторной установки.

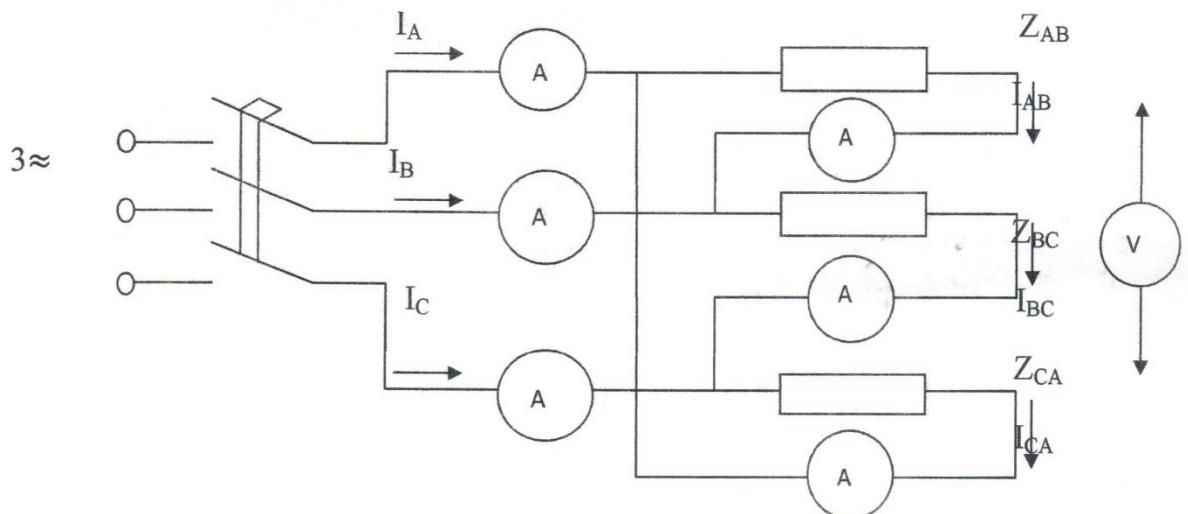


Рис.1

Таблица №1

№	Нагрузка, Ом	измерить										вычислить			
		$U_{ab}$	$U_{bc}$	$U_{ca}$	$I_a$	$I_b$	$I_c$	$I_{ab}$	$I_{bc}$	$I_{ca}$	$P_{ab}$	$P_{bc}$	$P_{ca}$	$P$	
		B	B	B	A	A	A	A	A	A	Bm	Bm	Bm	Bm	
1	$Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$														
2	$Z_{ab} \neq Z_{bc} \neq Z_{ca}$														
3	Обрыв линии														

### Контрольные вопросы.

1. Каково соотношение между линейными и фазными напряжениями для симметричной системы при соединении в треугольник?
2. Как связаны действующие значения линейных и фазных токов при симметричной нагрузке?
3. От каких факторов зависит угол сдвига между фазным напряжением и током?

**Отчет должен содержать.**

1. Тему, цель, перечень оборудования.
2. Схему, таблицу, расчеты.
3. Вывод.
4. Ответ на контрольные вопросы.

**Лабораторная работа №7**

**Проверка и подключение однофазного счетчика**

**Цель работы:** 1. Изучить устройство и подключение однофазного электронного счетчика.

2. Научится проверять электронный счетчик.

**Оборудование и оснащение:** Методические указания; счетчик активной электрической энергии СЕ101R5; цифровой ваттметр (однофазный) ЦП-ВТ72/1; автоматический выключатель ВА47-29 С6 230/400; лампа накаливания Р=100 Вт (нагрузка); выключатель KCD4 16А, 250В, со светодиодной индикацией; соединительные провода ПВ-3.

**Краткие теоретические сведения**

Счетчик активной электрической энергии СЕ101 является однофазным однотарифным прибором учета непосредственного выключения.

Конструктивно состоит из следующих элементов:

- измерительный модуль на печатной плате, в котором перемножаются входные ток и напряжения, преобразуются в частотно модулированный сигнал, пропорциональный мощности потребляемой энергии (последовательность импульсов)

Суммирование этих импульсов отсчетным устройством дает количество активной энергии

-датчик тока (шунт);

-контактная коробка для подсоединения к сети и потребителю;

-телеметрический выход, используется для подключения АСКУЭ, персональному компьютеру или системе удаленной передачи данных.

Предусмотрена светодиодная индикация вида «3200 imp/(kW\*h)».

Светодиод при наличии напряжения и отсутствии нагрузки постоянно светится, при подключении нагрузки периодически гаснет с частотой, пропорциональной току нагрузки.

Прибор применяется для постоянного измерения и отображения активной мощности потребляемой электроэнергии.

## **Проверка счетчика**

Проверка электросчетчика в соответствии с ГОСТ 31819.21-2012 состоит из следующих этапов:

- 1) внешний осмотр счетчика;
- 2) проверка правильности функционирования (начальный запуск счетчика);
- 3) проверка без тока нагрузки (отсутствие самохода);
- 4) проверка стартового тока (чувствительность);
- 5) проверка точности электросчетчика.
  1. При внешнем осмотре счетчика выявляются механические повреждения корпуса и элементов прибора, наличие персонального номера, комплектация прибора, маркировки.
  2. Счетчик должен функционировать через 5 сек после подачи номинального напряжения.
  3. Проверка отсутствия самохода проводится в условиях потребления .Световой индикатор не должен мигать более одного раза в течении времени 14 мин. Для этого цепь тока должна быть разомкнута , а к цепи напряжения приложено напряжение равное 264 В.
  4. При проверке чувствительности счетчик должен начать и продолжать регистрировать показания при значении тока 0,01А для класса точности 1
  5. Проверка точности электросчетчика

Стандарт предусматривает следующие методы проверки:

- метод образцового счетчика, при котором показания проверяемого счетчика сравнивают с показаниями образцового счетчика;
- метод ваттметра и секундомера, с помощью ваттметра определяют значение активной мощности Р, расход электроэнергии рассчитывают по формуле

$$W = P * t$$

Где t,с – время измеряемого секундомера.

## **Порядок выполнения работы**

Собрать схему согласно рис.1. Подать напряжение на стенд.

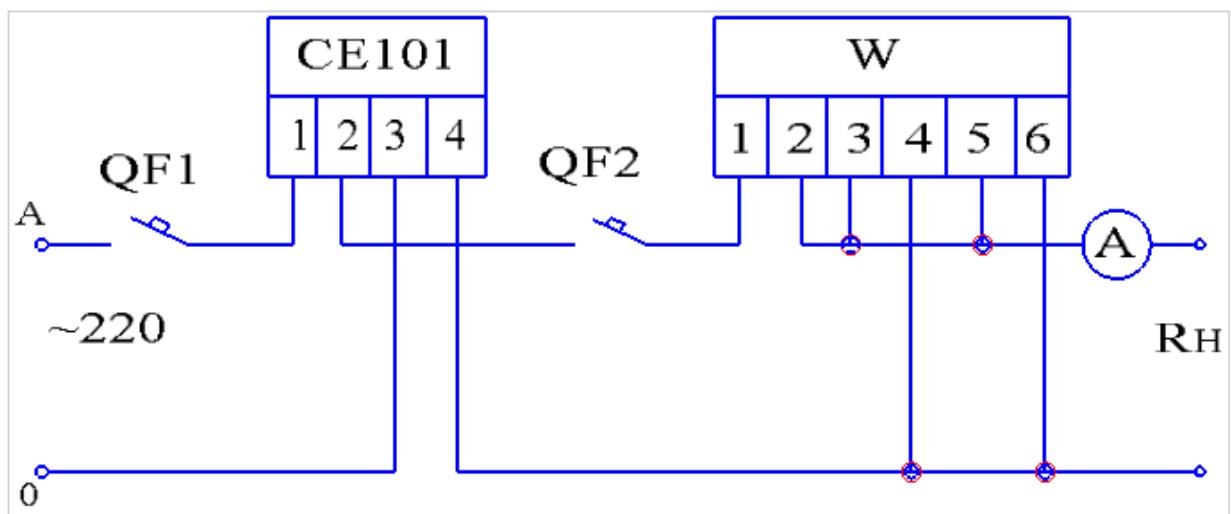


Рис.1 Схема подключения счетчика

1. Проверить начальный запуск счетчика. Включить автомат QF1, по секундомеру отметить момент запуска счетчика.

(Счетчик начал работать через 5 секунд.)

2. Проверить точность счетчика, подключить к счетчику ваттметр и нагрузку (лампу) включением автомата QF2.

Измерить ваттметром мощность потребляемую нагрузкой.

( $P = 99\text{Вт} = 0,099\text{кВт}$ )

Включить секундомер, определить время десяти импульсов светового индикатора счетчика. ( $t = 114\text{с}$ )

Рассчитайте время одного мигания, разделив показания секундомера  $t$  на 10. ( $T = t / 10 = 114 / 10 = 11,4\text{с}$ )

В соответствии с формулой определить погрешность измерений электросчетчика.

$$E = \left( P * T * \frac{A}{3600} - 1 \right) * 100\%$$

$P$ -показание ваттметра (кВт) одного интервала

$T$ , с-время между импульсами

$A$ -передаточное число счетчика

$$(E = \left( 0,099 * 11,4 * \frac{3200}{3600} - 1 \right) * 100\% = 0,32\%).$$

Сделать выводы по результатам проверки электросчетчика.

(Данный счетчик обеспечивает точность учета электроэнергии)

3. Повторить проверку точности счетчика для двадцати импульсов светового индикатора

### **Контрольные вопросы**

1. Из каких элементов состоит счетчик СЕ101?
2. Чему равно передаточное число счетчика СЕ101?
3. Какой метод проверки электросчетчика используется в данной работе?

### **Отчет должен содержать**

1. Тему, цель работы, оборудование, приборы.
2. Схему подключения счетчика.
3. Данные измерений и результаты проверки.
4. Выводы и ответы на контрольные вопросы.

## **Лабораторная работа №8**

### **Исследование однофазных выпрямителей**

**Цель работы:** Ознакомиться со схемами выпрямителей, провести сравнительную оценку исследуемых схем.

**Оборудование и оснащение:** Лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №8, соединительные провода, мультиметр 2шт, осциллограф.

### **Краткие теоретические сведения**

При помощи выпрямителей переменный ток возможно преобразовать в постоянный ток, эта процедура называется выпрямление. Известно несколько различных схем выпрямителей переменного тока. Существуют схемы однополупериодного, двухполупериодного со средней точкой и мостового выпрямителей однофазного напряжения.

Однополупериодная схема выпрямления применяется довольно редко, так как через выпрямитель пропускается только одна полуволна тока, а другая запирается. В результате к.п.д. такого выпрямителя очень низкий.

Двухполупериодная мостовая схема выпрямления. Для выпрямления тока по двухполупериодной схеме выпрямления однофазного переменного тока (рис. 31, в) нужно четыре выпрямительных диода (вентиля). В этом случае выпрямляется каждая полуволна переменного тока и выпрямленный ток больше приближается к постоянному току. По двухполупериодной схеме выпрямления выпрямленный ток (каждая полуволна) последовательно

проходит через два диода. Эта схема выпрямления нашла очень широкое применение в электронной технике.

*Критериями качества работы (эффективность) выпрямителя являются:*

-коэффициент пульсации:

$K_{\Pi}=\sqrt{2}U_{\sim}/U_0$  - отношение амплитуды гармоники к средневыпрямленному значению напряжения.

-коэффициент выпрямления по напряжению:

$$K_{ou} = \frac{U_0}{U_{\sim}}$$

- отношение средневыпрямленного значения напряжения к действующему значению напряжения во вторичной цепи трансформатора.

## 1. Задание № 1. Исследование схем выпрямителей.

### 1.1. Снять и построить внешнюю характеристику

$U_0=f(I_0)$  однополупериодного выпрямителя; рассчитать коэффициенты пульсации при разных значениях нагрузки; зарисовать осцилограммы напряжений на вторичной обмотке трансформатора и на выходе выпрямителя для одного из значений нагрузки; проследить за влиянием величины нагрузки на пульсации выпрямленного напряжения.

1.2. Произвести аналогичные вышеуказанные построения, расчеты, наблюдения, снять осцилограмму выпрямленного напряжения двухполупериодного выпрямителя, собранного по схеме с выводом средней точки.

1.3. Произвести перечисленные в п.п построения, расчеты, наблюдения, снять осцилограмму выпрямленного напряжения двухполупериодного выпрямителя, собранного по мостовой схеме.

## 2. Порядок выполнения задания №2

2.1. Исследование однополупериодного выпрямителя с нагрузкой R2 (без подсоединения к клеммам вторичной обмотки трансформатора) и измерительными приборами согласно рис.1.

2.2. После проверки схемы преподавателем, соединить ее к клеммам вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24 В. Нажать кнопки СЕТЬ, ОСЦИЛЛОГРАФ.

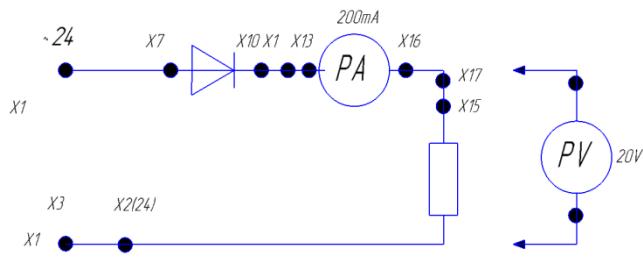


Рис.1

**2.3.**После проверки схемы преподавателем, соединить ее к клеммам вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24 В. Нажать кнопки СЕТЬ, ОСЦИЛОГРАФ.

**2.4.**Измерить постоянную составляющую выпрямленного тока с помощью мультиметра, выставленного на измерение постоянного тока.

**2.5.**Измерить сначала постоянную составляющую выпрямленного напряжения  $U_0$ , а затем- действующее значение переменной составляющей с помощью второго мультиметра, выставленного на измерение, соответственно, сначала – постоянного, затем – переменного напряжений и подключенного к клеммам X21 и X22.

**2.6.**Аналогичные измерения провести при подсоединении нагрузочных сопротивлений  $R_3$  и  $R_4$ . При этом сначала поставить перемычку для подсоединения последующего сопротивления, а затем убрать перемычку для подсоединения предыдущего сопротивления нагрузки. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица1.

$R_h$	$I_o, \text{mA}$	$U_0, \text{В}$	$U_{\sim}, \text{В}$	$q$
$R_2$				
$R_3$				
$R_4$				

**2.7.**По результатам измерений построить нагрузочную характеристику  $U_0=f(I_0)$  и рассчитать коэффициент пульсации  $q$  однополупериодного выпрямителя при разных значениях нагрузки. Сделать вывод о влиянии нагрузки на величину пульсации. Оставить перемычку на нагрузочном сопротивлении  $R_3$ .

Примечание: Нагрузочные характеристики всех схем выпрямителей строить в одних координатах.

**2.8.** Подключить осциллограф к выходу выпрямителя:- «У» - X21» «Л» - X22. Кнопку осциллографа «— - ~» не нажимать, оставив её в положения «~» (при нажатии кнопки изображение на экране сместится вверх на величину постоянной составляющей выпрямленного напряжения). Зарисовать осцилограмму выпрямленного напряжения, добившись с помощью ручек РАЗВЕТКА, СТАБ, ВОЛЬТ/ДЕЛ устойчивого и удобного для наблюдения изображения на экране осциллографа.

**2.9.** Подключая нагрузочные сопротивления R2 и R4 наблюдать по осциллографу влияние нагрузки на величину пульсации. Сделать вывод о соотношении нагрузочных сопротивлений.

**2.10.** Подключить осциллограф к клеммам вторичной обмотки трансформатора и зарисовать осцилограмму выпрямленного напряжения при том же уровне усиления осциллографа.

**3.** Исследование двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки.

**3.1.** Собрать схему двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки с нагрузкой R2 (без подсоединения к клеммам вторичной обмотки трансформатора) и измерительными приборами согласно рис.2

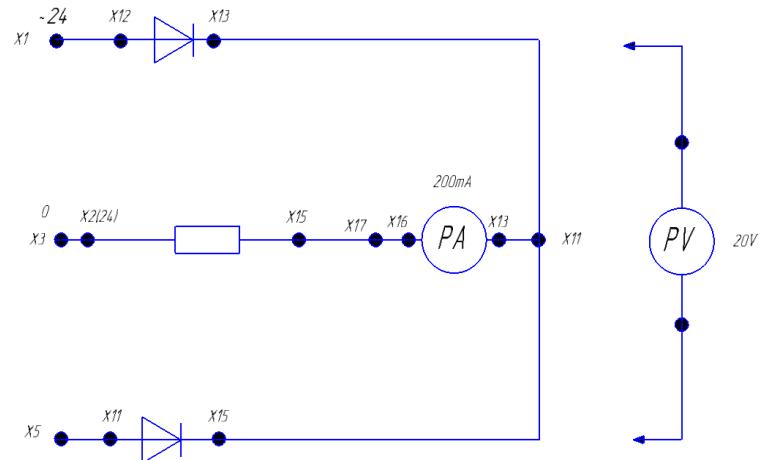


Рис.2

**3.2.** После проверки схемы преподавателем, соединить её с клеммами вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 48 В с выводом средней точки. Нажать кнопки СЕТЬ, ОСЦИЛЛОГРАФ.

**3.3.** Произвести измерения, расчеты, сделать выводы и зарисовать осцилограмму выпрямленного напряжения аналогично п.п. 2. 4 - 2.6.

Результаты измерений занести в таблицу2

**Таблица 2**

R <sub>H</sub>	I <sub>0,mA</sub>	U <sub>0,в</sub>	U ~в	q
R2				
R3				
R4				

**4.** Исследование двухполупериодного выпрямителя, собранного по мостовой схеме.

**4.1.** Собрать схему мостового выпрямителя с нагрузкой R2( без подсоединения к клеммам вторичной обмотки трансформатора) и измерительными приборами согласно рис. 3

**4.2.** После проверки схемы преподавателем, соединить её с клеммами вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24 В. Нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ.

**4.3.** Произвести измерения, расчеты, сделать выводы и зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения аналогично п.п. 2.4-2.6.

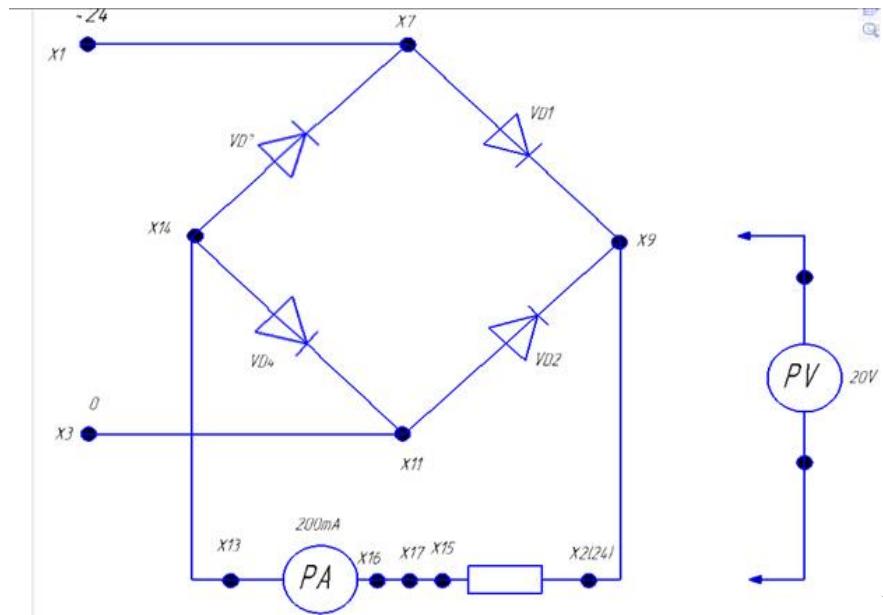


Рис.3

**Таблица3**

R <sub>H</sub>	I <sub>0,mA</sub>	U <sub>0,в</sub>	U ~в	K <sub>П</sub>
R2				
R3				
R4				

Результаты измерений занести в таблицу 3

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение выпрямителя.
2. Каким параметром оценивается эффективность работы выпрямителя?
3. Какая схема выпрямления широко используется и почему?

### **Содержание отчета**

1. Тема, цель работы, перечень оборудования.
2. Задание, исследуемые схемы выпрямителей, таблицы с измерениями и расчетами.
3. Графики характеристик  $U_o=f(I_o)$ , выводы.
4. Контрольные вопросы и ответы.

## **Лабораторная работа № 9**

### **Исследование однокаскадного усилителя на биполярном транзисторе.**

**Цель работы:** Научиться снимать характеристики усилительного каскада с общим эмиттером (ОЭ).

**Оборудование и оснащение:** Лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №3, мультиметры 2 шт., осциллограф, соединительные провода, методические указания.

### **Краткие теоретические сведения**

Электронные усилители-устройства, которые служат для усиления напряжения, тока или мощности слабых электрических сигналов. Усилители классифицируются по типу усилительных элементов, диапазону усиливаемых частот, количеству каскадов, назначению и т.п. в лабораторной работе исследуется каскад усилителя напряжения низкой частоты (УНЧ).

Основные параметры и характеристики усилителей:

- коэффициент усиления ( $k_i$ -току,  $k_u$ -напряжению,  $k_p$ -мощности);
- коэффициент полезного действия  $\eta$ ;
- амплитудная характеристика  $k/k_{max}= f(f)$ , ( $k=f(f)$ );
- фазо-частотная характеристика  $\phi = f(f)$ .

Рабочий участок усилителя выбирается на линии нагрузки, так чтобы искажения сигнала при усилении были минимальными. Рабочая точка при синусоидальном входном сигнале находится в середине рабочего участка и определяет ток покоя коллектора, напряжение на коллекторе, соответствующее режиму покоя, кроме того, рабочая точка определяет ток покоя базы. Для получения неискаженной формы и заданной мощности

полезного сигнала на выходе усилителя необходимо применять несколько каскадов усилителя.

### **Задание и порядок выполнения работы:**

#### **1. Снять амплитудную характеристику каскада ОЭ.**

1.1. Собрать схему A1 (рис. 1).

Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ.

1.2. На одном из источников питания V1 или V2 выставить напряжение 15 В, повернув ручку по часовой стрелке до упора.

1.3. Подать питание на исследуемую схему: "+" -X6, "-" -X9.

1.4. Выключить сетевой тумблер.

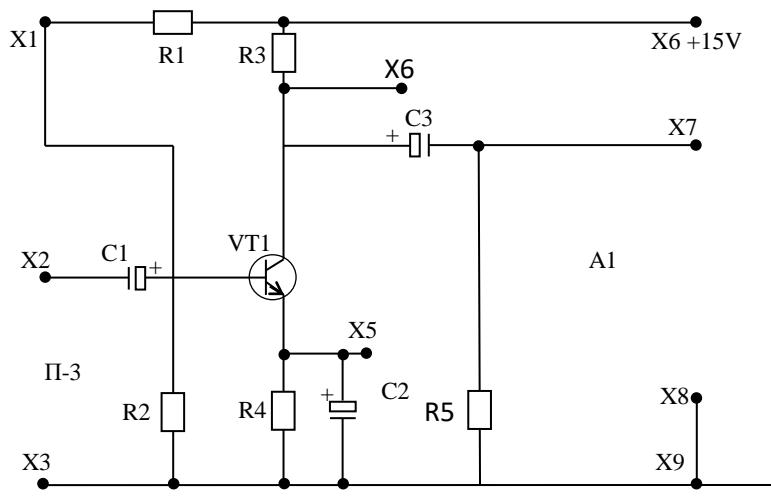


Рис. 1

1.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на выход каскада, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора двухлучевыми проводами соединить с входными клеммами каскада: "~-X2, " "-X3 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2В.

1.6. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора (фиксации). Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 3 или 4.

1.7. Выход каскада соединить двухлучевыми проводами с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения с пределом измерения 20В, и с входом осциллографа.

1.8. Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ поставить в положение 5, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ поставить в положение 1.

1.9. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажав кнопку сеть на осциллографе.

1.10. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада в пределах, указанных в таблице 1. Для каждого

фиксированного значения входного напряжения измерить мультиметром соответствующее выходное напряжение каскада. Результаты измерения занести в таблицу 1.

Таблица 1.

$U_{\text{вх}, \text{В}}$	0	0,02	0,04	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6
$U_{\text{вых}, \text{В}}$									
$K_U$									

1.11. Одновременно ручками осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ добиться устойчивого изображения выходного напряжения на экране. Проследить по ходу измерений за изменением выходного напряжения. Зарисовать осциллограммы при двух значениях входного сигнала(при среднем и максимальном).

1.12. По данным, полученным в результате измерений, рассчитать коэффициент усиления по напряжению  $K_U$ , занести его значение в таблицу и построить амплитудную характеристику.

1.13. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до упора, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.

## 2. Снять частотную характеристику

2.1. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке установить входное напряжение средней величины (задается преподавателем). Не изменять его во время снятия характеристики.

2.2. Мультиметр, подключенный к входным клеммам каскада, переключить в режим измерения частоты, нажав кнопку КН и установив предел измерения 2кГц.

2.3. Переключателем ЧАСТОТА ГРУБО ступенчато изменять частоту входного напряжения, устанавливая его последовательно в положение 1,2,3,4,5,6,7. Следить за своевременным изменением пределов измерения мультиметра, работающего в режиме частотомера.

2.4. Измерить частоту входного сигнала и величину входного напряжения для каждого положения переключателя. Одновременно наблюдать изменения частоты выходного сигнала на экране осциллографа, после чего отключить его нажатием кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ.

Результаты измерений занести в таблицу 2.  $U_{\text{вх}}=\text{const}$

Таблица 2

Положение переключателя	1	2	3	4	5	6	7
$f, \text{Кгц}$							
$U_{\text{вых}, \text{В}}$							
$K_U$							

2.5. По полученным данным рассчитать коэффициент усиления по напряжению К<sub>з</sub>, занести его значения в таблицу 2 и построить частотную характеристику каскада ОЭ.

2.6. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до фиксации, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.

### **3. Измерить параметры режима покоя.**

3.1. Мультиметр, подключенный к входным клеммам каскада X1 и X3, перевести в режим измерения постоянного напряжения на пределе измерения 2В.

Мультиметр, подключенный к выходным клеммам каскада переключить на клеммы X4 и X5 и перевести его в режим измерения постоянного напряжения на пределе измерения 20 В. Измерить параметры режима покоя: U<sub>бэо</sub>, U<sub>кэо</sub>.

3.2. Нажать кнопку СЕТЬ и выключить сетевой тумблер.

### **Контрольные вопросы:**

1. Для чего служит делитель напряжения в цепи базы усилительного каскада?
2. Когда происходит искажение выходного сигнала и почему?
3. Почему схема с ОЭ нашла наибольшее применение?
4. Что такое режим покоя усилителя?

### **Содержание отчета**

1. Тема, цель, оборудование.
2. Задание, схемы лабораторной установки.
3. Результаты исследований: таблицы, графики характеристик, расчеты, значения параметров режима покоя и выводы по работе
4. Контрольные вопросы и ответы.

## **Лабораторная работа №10**

### **РАБОТА С ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ ОСЦИЛЛОГРАФОМ**

**Цель:** Ознакомление с принципом работы осциллографа и приобретение навыков измерений параметров электрических сигналов.

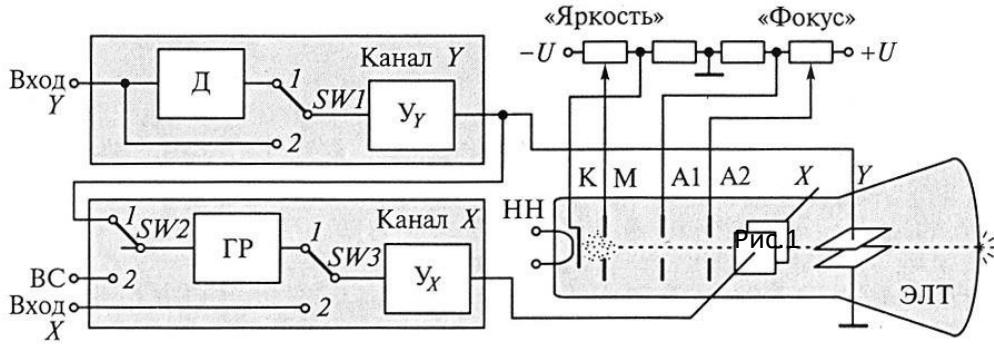
**Оборудование и оснащение:** Универсальный электронный осциллограф, генератор синусоидального сигнала, методические указания.

### **Задание и порядок выполнения:**

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Выполнить упражнения
3. Оформить отчет согласно требованиям.

### **Краткие теоретические сведения**

Электронные осциллографы предназначены для визуального наблюдения и измерения параметров периодических электрических сигналов.



Основными частями осциллографа являются электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), генератор развёртки, блок синхронизации,

усилители вертикального и горизонтального каналов отклонения луча.

Электронно-лучевая трубка, схематически изображённая на рис.1, внешне представляет собой колбу специальной формы, в которой создан высокий вакуум. Эта трубка позволяет получить узкий пучок электронов, т.е., электронный луч. В месте попадания на экран электронного луча возникает ярко светящееся пятно, диаметр которого можно сделать весьма малым, превратив его практически в светлую точку. Источником (излучателем) электронов является накапливающий нагреватель НН катод К. Для формирования луча из испущенных катодом электронов служат три электроды, имеющие форму коаксиальных цилиндров: управляемый электрод УЭ, первый анод А1 и второй анод А2. Управляемый электрод, имеющий отрицательный относительно катода потенциал, окружает катод и сжимает выходящий из катода электронный пучок. На торце цилиндрического управляющего электрода имеется отверстие, через которое проходят электроны. Изменяя потенциал этого электрода можно регулировать количество электронов в электронном луче, т.е., можно регулировать яркость светящегося пятна на экране. Потенциал первого анода положителен относительно катода, а потенциал второго анода положителен относительно первого анода. Регулируя потенциалы анодов, можно добиться фокусировки электронного луча в малое пятно (точку) на экране. На пути электронного луча находятся две пары параллельных пластинчатых электродов Х и У; эти электроды называют

отклоняющимися пластинами. Если к одной из этих пар параллельных пластин приложить напряжение, то между ними образуется электрическое поле, вектор напряжённости которого равен перпендикулярно к пластинам. Под действием этого поля электронный луч, проходящий между пластинами, отклоняется и, следовательно, светящееся пятно перемещается по экрану осциллографа. Пластины Х

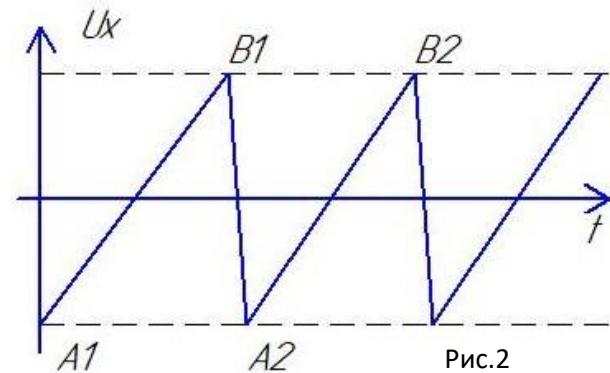


Рис.2

перемещают светящееся пятно в горизонтальном направлении, а пластины У в вертикальном направлении. Величина смещения этого пятна от центральной точки экрана практически пропорциональна разности потенциалов между соответствующими пластинами.

Важнейшим применением осциллографа является изучение быстрых периодических электрических процессов. Для исследования напряжений, изменяющихся во времени, используют обе пары отклоняющих пластин ЭЛТ. На вертикально отклоняющие пластины обычно подаётся излучаемое напряжение, а на горизонтально отклоняющие пластины – вырабатываемое в самом осциллографе напряжение, изменяющееся пропорционально времени. Это напряжение, называемое напряжением развёртки, вырабатывается генератором развёртки.

График напряжения развёртки изображён на рис.2. На графике по горизонтальной оси

отложено время  $t$ , а по вертикальной оси – напряжение развёртки  $U_x$ . По виду графика это напряжение также называют пилообразным.

На участке графика  $A_1 B_1$  напряжение  $U_x$  возрастает пропорционально времени, и поэтому светящееся пятно на экране равномерно слева направо вдоль оси  $X$  от точки  $M$  на левом крае экрана до точки  $N$  на правом крае (рис.3). Дойдя до правого края экрана, пятно мгновенно возвращается обратно к левому краю экрана (участок  $B_1 B_2$  на рис.2). Затем пятно снова движется равномерно слева направо (участок  $A_2 B_2$  графика) и т.д.

Так осуществляется развёртка во времени.

Пусть  $U(t)$  – изучаемое переменное напряжение. Если в момент  $t_1$ , когда светящееся пятно проходит точку  $M$  экрана, на вертикально

отклоняющиеся пластины подать напряжение  $U(t)$ , то электронный луч вычертит кривую зависимости излучаемого напряжения от времени интервала от  $t_1$  до  $t_2$ , где  $t_2$  – момент времени, когда светящееся пятно достигнет точки  $N$  экрана.

Если  $U(t)$  – периодическая функция с периодом  $T$ , равным  $t_2 - t_1$ , то на экране осциллографа мы увидим первый период функции  $U(t)$ . После мгновенного возвращения светящегося пятна в точку  $M$  мы (при

последующем его перемещении в точку  $N$  экрана) увидим второй период изменения функции  $U(t)$  и т.д. Повторяя развертку многократно, мы сможем увидеть на экране неподвижную картину изменения функции  $U(t)$  в течение одного её периода, если время движения светящегося пятна  $t_2 - t_1$  по экрану  $M$  от  $N$  равно переходу  $T$  функции  $U(t)$ . Если же  $t_2 - t_1 = nT$ , где  $n$  – целое число, то на экране мы получим  $n$  периодов изменения функции  $U(t)$  и изображение будет неподвижным.

Обычно достаточно точное соотношение периодов развертки и изучаемого напряжения, то есть соотношение  $t_2 - t_1 = nT$ , соблюсти оказывается невозможно из-за нестабильности генератора развертки или самого изучаемого процесса. Для принудительного согласования указанных периодов используют синхронизацию, то есть выбирают такую схему, при которой изучаемое напряжение "навязывает" свой период генератору развертки.

Для измерения амплитуды сигналов необходимо знать чувствительность осциллографа, то есть величину смещения светящегося пятна при изменении напряжения на отклоняющих пластинах на 1 вольт. Для канала вертикального отклонения чувствительность  $S_y$  равна:

$$S_y = Y/U_Y$$

где  $Y$  – смещение вдоль оси под действием напряжения на пластинах  $Y$ , равного  $U_Y$ .

При помощи осциллографа можно определить частоту исследуемого сигнала (см. упражнение 2).

Частоту сигнала можно определить и другим способом. Для этого на пластины  $X$  подают напряжение известной частоты, например, 50 Гц от сети, а на пластины  $Y$  – напряжение неизвестной частоты. Генератор развертки при этом отключается. В данном случае электронный луч участвует в двух взаимно перпендикулярных колебательных движениях.

Если точка (например, светящееся пятно на экране осциллографа) одновременно участвует в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаниях (например, вдоль оси  $X$  и оси  $Y$ ), то она будет двигаться по некоторой траектории. Получающиеся в

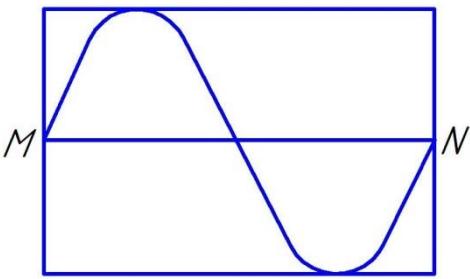


Рис.3

результате сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний траектории называют *фигурами Лиссажу*. Форма этих фигур зависит от соотношения амплитуд, частот и фаз колебаний. По форме фигуры Лиссажу можно судить о частоте исследуемого сигнала (см. упражнение 3).

### Порядок выполнения работы

В работе используются осциллограф, генератор низкой частоты и источник регулируемого переменного напряжения частоты 50 Гц.

#### Упражнение 1. Определение чувствительности осциллографа.

Подключить генератор к гнезду «ВХОД У» осциллографа. Вольтметр подключить к гнезду «V» генератора.

1. Установить частоту переменного тока от генератора, равную 1000 Гц.
2. Переключатель осциллографа "V/дел" установить в положение «2».
3. Включить генератор и осциллограф в сеть.
4. Наблюдая за показаниями стрелочного вольтметра и поворачивая ручку генератора установи-на напряжение  $U_{\phi\phi} = 2$  в.
5. С помощью ручек осциллографа "СТАБ", "УРОВЕНЬ", "ВРЕМЯ/ДЕЛ", "ПЛАВНО" добиться устойчивого изображения синусоиды на экране.
6. Ручками «ЯРКОСТЬ» и «ФОКУС» добиться четкого изображения.
7. Переключатель "ВИД СИГНАЛА" перевести в положение «». При этом на экране появится горизонтальная линия. Если линия на экране не появилась, то вращая ручки 'СТАБ' и "УРОВЕНЬ" "дойдитесь ее появления".
8. Ручкой " " совместить эту полосу с осью X на экране осциллографа.
9. Переключатель "ВИД СИГНАЛА" переводится в исходное состояние «». На экране должна появиться синусоида. При ее отсутствии изображение восстанавливается вращением ручек "СТАБ" и "УРОВЕНЬ". Синусоида должна быть строго симметрична относительно оси X.
10. Измерить число делений Ut на экране осциллографа от оси x до вершины синусоиды. Экран осциллографа разбит на квадраты. Сторона квадрата равна одному делению. Каждое деление разбито на пять частей, следовательно, одна его часть равна 0,2 деления.

Чувствительность определить по формуле:

$$S_y = Y_m / U_{\phi\phi} \sqrt{2}$$

11. Таким же образом определить чувствительность  $S_y$  при  $U_{\phi\phi} = 4$  В. Вычислить среднее значение величины  $S_y$ .
12. Переключатель осциллографа "V/дел" установить в положение «5». Определить чувствительность при  $U_{\phi\phi} = 6; 8; 10$  В. Вычислить среднее значение величины  $S_y$ .

Результаты занести в таблицу 1.

13. Вычислить обратные величины средних значений  $S_y$ . Сравнить эти величины с соответствующими показателями переключателя "V/ДЕЛ".

$U_{\phi\phi}, \text{ В}$					
$Y_m, \text{ дел}$					
$S_y, \text{ дел/В}$					

Таблица 1.

**Упражнение 2.** Определить частоты сигнала генератора.

1. Установить произвольную чистоту сигнала генератора. Переключатель "V/ДЕЛ" оставить в положении «5».
2. Ручками "ВРЕМЯ/ДЕЛ", "СТАБ", "УРОВЕНЬ" добиться стабильного изображения синусоиды на экране осциллографа. Желательно, чтобы синусоида имела минимально возможное число периодов.
3. Определите (по оси X) число больших делений ХТ, приходящихся на один период синусоиды на экране осциллографа. Измерения необходимо проводить с точностью до десятых долей большого деления.
4. Запишите показание времени развертки К переключателя "ВРЕМЯ/ДЕЛ»
5. Определите период Т и частоту f исследуемого сигнала по формулам:

$$T = KX_T; f = 1/T = 1/KX_T$$

6. Сравните найденную частоту сигнала с частотой, установленной на генераторе.

### **Контрольные вопросы**

1. Каково назначение осциллографа и в чём его преимущества по сравнению со стрелочно – цифровыми приборами?
2. Перечислите основные блоки осциллографа.
3. Опишите устройство и работу электронно-лучевой трубы.
4. Как осуществляется фокусировка и разгон электронов в трубке?
5. Объясните причину свечения экрана осциллографа в точке падения на него электронного пучка.

### **Содержание отчета**

1. Тема, цель, задание.
2. Таблицу с измерениями и результаты расчетов, осцилограммы.
3. Ответы на контрольные вопросы.

## **Лабораторная работа № 11**

### **Исследование типовых логических элементов**

**Цель работы:** Изучить принцип работы логических элементов, реализующих элементарные функции алгебры логики, построенных на микросхемах серий К155, К561.

**Оборудование и оснащение:** Стенд универсальный УАВТ, плата №1, технологические карты, методические указания.

**Задание и порядок выполнения:**

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Исследовать логические элементы.
3. Оформить отчет согласно требованиям.

### **1. Краткие теоретические сведения**

1.1. Математической основой цифровой электроники и вычислительной техники является алгебра логики или булева алгебра (по имени английского математика Джона Буля).

В булевой алгебре независимые переменные или аргументы (X) принимают только два значения: 0 или 1. Зависимые переменные или функции (Y) также могут принимать только одно из двух значений: 0 или 1. Функция алгебры логики (ФАЛ) представляется в виде:

$$Y = F(X_1; X_2; X_3 \dots X_N).$$

Данная форма задания ФАЛ называется алгебраической.

1.2. Основными логическими функциями являются:

- логическое отрицание (инверсия)  $Y = \overline{X}$  ;
- логическое сложение (дизъюнкция)  $Y = X_1 + X_2$  или  $Y = X_1 \vee X_2$  ;
- логическое умножение (конъюнкция)  $Y = X_1 \cdot X_2$  или  $Y = X_1 \wedge X_2$  .

К более сложным функциям алгебры логики относятся:

- функция равнозначности (эквивалентности)  $Y = X_1 \cdot X_2 + \overline{X}_1 \cdot \overline{X}_2$  или  $Y = X_1 \sim X_2$  ;
- функция неравнозначности (сложение по модулю два)  $Y = X_1 \cdot \overline{X}_2 + \overline{X}_1 \cdot X_2$  или  $Y = X_1 \oplus X_2$  ;
- функция Пирса (логическое сложение с отрицанием)  $Y = \overline{X_1 + X_2}$  ;
- функция Шеффера (логическое умножение с отрицанием)  $Y = \overline{X_1 \cdot X_2}$  ;

1.3. Схемы, реализующие логические функции, называются логическими элементами. Основные логические элементы имеют, как правило, один выход (Y) и несколько входов, число которых равно числу аргументов ( $X_1; X_2; X_3 \dots X_N$ ). На электрических схемах логические элементы обозначаются в виде прямоугольников с выводами для входных (слева) и выходных (справа) переменных. Внутри прямоугольника изображается символ, указывающий функциональное назначение элемента.

На рис. 1 ÷ 9 представлены логические элементы, реализующие рассмотренные ниже функции. Там же представлены так называемые таблицы состояний или таблицы истинности, описывающие соответствующие логические функции в двоичном коде в виде состояний входных и выходных переменных. Таблица истинности является также табличным способом задания ФАЛ.

На рис. 1 представлен элемент “НЕ, реализующий функцию логического отрицания Y =  $\overline{X}$

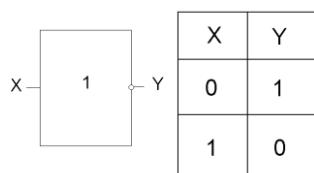


Рис. 1.

Элемент “ИЛИ” (рис. 2) и элемент “И” (рис. 3) реализуют функции логического сложения и логического умножения соответственно.

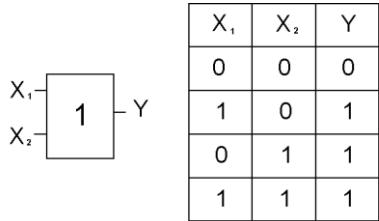


Рис. 2

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Рис.3

Функции Пирса и функции Шеффера реализуются с помощью элементов “ИЛИ-НЕ” и “И-НЕ”, представленных на рис. 4 и рис. 5 соответственно.

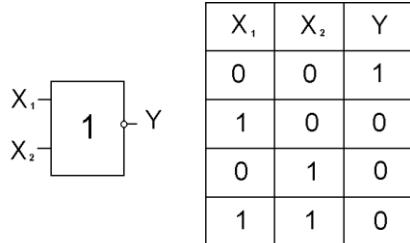


Рисунок 4

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Рисунок 5

Элемент Пирса можно представить в виде последовательного соединения элемента “ИЛИ” и элемента “НЕ” (рис. 6), а элемент Шеффера – в виде последовательного соединения элемента “И” и элемента “НЕ” (рис. 7).

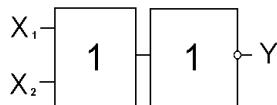


Рисунок 6

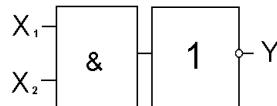


Рисунок 7

На рис.8 и рис. 9 представлены элементы “Исключающее ИЛИ” и “Исключающее ИЛИ - НЕ”, реализующие функции неравнозначности и неравнозначности с отрицанием соответственно.

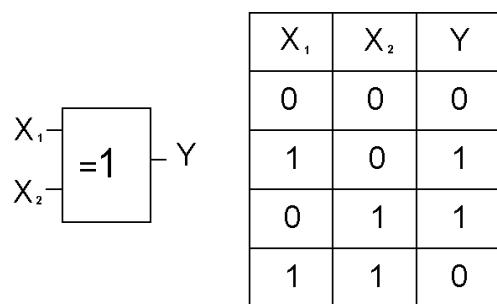


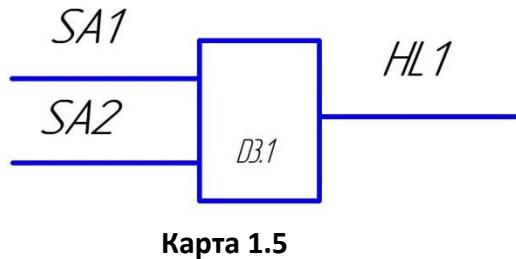
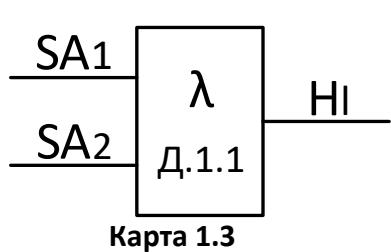
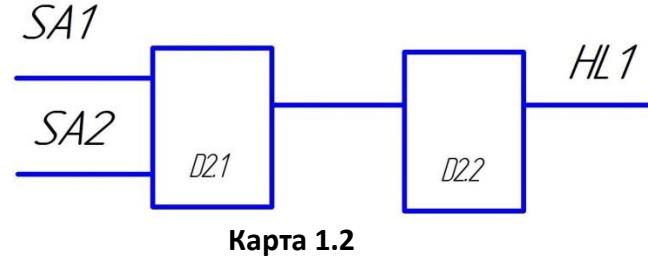
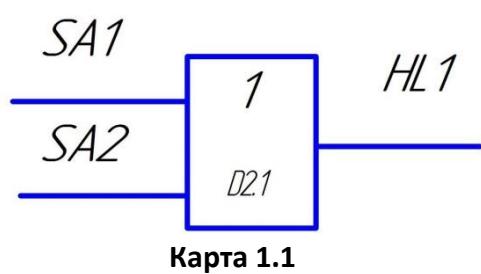
Рис. 8

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

рис.9

## **Задание и порядок выполнения работы**

1. Установить плату №1 на стенд, подать питание. Используя карты 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, составить таблицы истинности.
2. По таблице истинности записать логическую функцию, название логического элемента и изобразить его условное обозначение.



**Контрольные вопросы:**

1. Какое выражение имеет функция «И»?
2. Какое выражение имеет функция «ИЛИ»?
3. Какое выражение имеет функция «НЕ»?

## **Содержание отчета**

1. Тема, цель, задание.
2. Схемы карт, таблицы истинности, выражение функций, условное обозначение логических элементов.
3. Ответы на контрольные вопросы.