

БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ  
«БЕЛОЯРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании МО  
Протокол № 2 от «10» 03 2017 г.  
Руководитель МО М.Д Саидова

Утверждено  
приказом директора  
№ 106 от 25 апреля 2017 г.

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

**по профессиональному модулю**

**ПМ.03 СБОРКА, РЕМОНТ, РЕГУЛИРОВКА КОНТРОЛЬНО –  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

**по профессии 15.01.20**

**СЛЕСАРЬ ПО КОНТРОЛЬНО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРИБОРАМ И  
АВТОМАТИКЕ**

Белоярский 2017г

Лабораторный практикум разработан с целью организации самостоятельной работы обучающихся по профессии 15.01.20 Слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике, в рамках освоения профессионального модуля ПМ.03 Сборка, ремонт, регулировка контрольно – измерительных приборов и систем автоматики.

Организация-разработчик: БУ «Белоярский политехнический колледж»

Разработчики:

Саидова Мария Джамалутдиновна - преподаватель специальных дисциплин, мастер производственного обучения

# Лабораторная работа №1

## Исследование датчиков

Цель работы: изучение принципов действия и схем включения различных датчиков.

### 1. Подготовка к работе

- 1.1. В чем состоит назначение датчиков в системах автоматики?
- 1.2. По каким признакам классифицируются датчики?
- 1.3. Что такое чувствительность датчиков?

### 2. Оборудование

- 2.1. Комбинированный прибор М92.
- 2.2. Переменный резистор ППБ – 50Г.
- 2.3. Термопара ТХК.
- 2.4. Фотодиод ФД265А.
- 2.5. Магнитоэлектрический вольтметр М4213 с температурной шкалой.

3. Задание №1. Снятие характеристики потенциометрического датчика.

4. Задание №2. Снятие характеристики фотодатчика.

5. Задание №3. Градуировка термопары.

### 6. Порядок выполнения задания №1

6.1. К резистору  $R_p$ , размещённому на лабораторном стенде, подключить постоянное напряжение 20В.

6.2. Снять характеристику однократного потенциометрического датчика:

- 6.2.1. К выходу датчика подключить комбинированный прибор на пределе измерения 20В.
- 6.2.2. Поворачивая рукоятку потенциометра  $R_p$ , через каждые 30 делений фиксировать по прибору выходное напряжение.
- 6.2.3. Результаты наблюдений занести в таблицу 1.1

Таблица 1.1.

Х	Дел.	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Увых.	В											

6.3. Снять характеристику двухтактного датчика.

- 6.3.1. Комбинированный прибор подключить между ползуном и средней точкой потенциометра.
- 6.3.2. Изменяя положение ползуна датчика, наблюдать за изменением величины и полярности выходного напряжения.
- 6.3.3. Результаты наблюдений занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2.

Х	Дел.	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Увых.	В											

### 7. Порядок выполнения задания №2

- 7.1. Ознакомится с блоком 1, сектором А2.
- 7.2. К резистору  $R_p$ , размещённому на стенде, подключить постоянное напряжение 20В.
- 7.3. Регулируемое напряжение, снимаемое с  $R_p$ , подключить к гнездам  $X_1, X_2$  осветительной лампы (блок 1, А2). Для контроля напряжения освещения к этим гнездам –  $X_1, X_2$  подключить прибор на пределе измерения 20В.
- 7.4. К гнездам  $X_3, X_4$  фотодиода подключить второй вольтметр на пределе измерения 2В – для измерения фото ЭДС.
- 7.5. Результаты измерений занести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3.

U <sub>осв.</sub>	В	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
E <sub>ф</sub>	В										

8. Порядок выполнения задания № 3

8.1. Ознакомиться с блоком 1, сектором АЗ.

8.2. К гнездам Х1, Х2 нагревательного элемента подключить напряжение 24В.

8.3. К гнездам Х4, Х3 термопары подключить комбинированный прибор на пределе измерения 200 мВ и магнитоэлектрический вольтметр, имеющий температурную шкалу (0 + 600) °С.

8.4. Наблюдая по магнитоэлектрическому «термометру» за повышением температуры, фиксировать по цифровому прибору значения термо ЭДС через каждые 20°С.

8.5. Результаты наблюдений занести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4.

T	°С	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
E <sub>т</sub>	мВ																

9. Оформление отчета

9.1. Зарисовать схемы включения потенциометрического датчика и таблицы результатов №1.1, 1.2.

9.2. Построить характеристики для каждой схемы датчика:  $U_f(x)$ .

9.3. Определить чувствительность датчика для каждой схемы включения по форме:

$$S_x = \frac{\Delta U_{вых}}{\Delta x}, \quad \text{где} \quad \Delta X = 30 \text{ дел.}$$

$$X = 120 \text{ дел.}$$

9.4. Зарисовать схему включения фотодиода и таблицу 1.3.

9.5. По данным таблицы 1.3. (п7.5.) построить характеристику фотодатчика:  $E_f = f(U_{осв.})$

9.6. Зарисовать схему включения термопары и таблицу 1.4.

9.7. По данным таблицы 1.4. построить градивочную характеристику термопары:

$$E_t = f(T)$$

9.8. Рассчитать чувствительность термопары по формуле:

$$S_t = \frac{\Delta E_m}{\Delta T}, \quad \text{где} \quad \Delta T = 20^\circ\text{C}$$

$$T = 150^\circ\text{C}$$

9.9. Ответить на контрольные вопросы.

10. Контрольные вопросы

10.1. В чем особенность двухтактной схемы включения потенциометрического датчика.

10.2. Какие величины позволяют контролировать потенциометрические датчики?

10.3. Проанализировать характеристику фотодатчика. Указать режим работы фотодиода, его особенности.

10.4. Чем определяется ЭДС термопары? Каковы требования к окружающей среде?

10.5. Какие ещё датчики пригодны для контроля температуры? Дать краткую характеристику?

## Лабораторная работа № 2 Исследование магнитного усилителя

Цель работы: изучение схемы, принципа работы усилителя, влияние обратной связи.

### 1. Подготовка к работе

- 1.1. Какой нелинейный элемент обеспечивает усилие переменного тока в магнитном усилителе?
- 1.2. Как изменяется магнитная проницаемость ферромагнитного материала при намагничивании постоянным полем?
- 1.3. Для чего вводятся обратные связи в усилителе?

### 2. Оборудование

- 2.1. Комбинированный прибор.
- 2.2. Магнитный усилитель ТУМ.

3. Задание №1. Снятие характеристики простейшего магнитного усилителя.

4. Задание №2. Исследование усилителя с внешней обратной связью.

### 5. Порядок выполнения задания №1

- 5.1. Ознакомится с блоком 1, сектором А1.
- 5.2. Собрать схему простейшего усилителя:
  - 5.2.1. Нагрузку усилителя  $R_n$  включить последовательно с рабочей обмоткой  $W_p$ .
  - 5.2.2. Рабочую цепь усилителя подключить к источнику переменного напряжения 24В.
  - 5.2.3. Для контроля рабочего тока в цепь нагрузки включить комбинированный прибор на пределе измерения 200 мА переменного тока.
  - 5.2.4. Цепь управления усилителя подключить к источнику постоянного напряжения 5В.
  - 5.2.5. Изменение тока управления осуществлять переменным резистором  $R_p$ , размещённом на лабораторном стенде.
  - 5.2.6. Для контроля тока управления включить второй прибор на пределе измерения постоянного тока 500 мА.
- 5.3. Изменяя ток управления поворотом рукоятки резистора  $R_p$ , фиксировать значение рабочего тока.
- 5.4. Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

$I_y$	мА	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$I_p$	мА											

- 5.5. Сменить полярность тока управления и повторить опыт.
- 5.6. Результаты занести в таблицу 2.2., аналогичную таблице 2.1.

### 6. Порядок выполнения задания №2

- 6.1.1. Собрать выпрямительный мост ( $D1 + VD4$ ), соединив перемычкой гнезда X14, X15.
- 6.1.2. Вершины моста X6, X14 подключить к обмотке **Woc, Y.....**
- 6.1.3. Вершины моста X10, X11 включить в разрыв рабочей цепи.
- 6.2. Цепь управления остается без изменения.
- 6.3. Изменяя ток управления, наблюдать за изменением рабочего тока.
- 6.4. Результаты наблюдений занести в таблицу 2.3.

Таблица 2.3.

I <sub>y</sub>	мА	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I <sub>p</sub>	мА											

6.5. Сменить полярность тока управления и повторить опыт.

6.6. Результаты измерений занести в таблицу 2.4., аналогичную таблице 2.3.

### 7. Оформление отчета

7.1. Зарисовать схему простейшего магнитного усилителя и таблицы результатов 2.1., 2.2.

7.2. По результатам построить характеристику усилителя:

$$I_p = f(I_y)$$

7.3. Рассчитать коэффициент усиления тока по формуле:

$$K_I = \frac{I_y}{I_p} \quad I_y = + 10 \text{ мА}$$

$$I_y = + 80 \text{ мА}$$

7.4. Зарисовать схему усилителя с обратной связью и таблицы результатов 2.3., 2.4.

7.5. Построить характеристику усилителя с обратной связью.

7.6. Рассчитать коэффициент усилителя при  $I_y = + 50 \text{ мА}$ .

7.7. Ответить на контрольные вопросы.

### 8. Контрольные вопросы

8.1. Как влияет смена полярности тока управления на величину рабочего тока в простейшем усилителе?

8.2. Почему усилитель выполняется на двух сердечниках?

8.3. как изменяются свойства усилителя с обратной связью при смене полярности управляющего тока?

8.4. Чем объясняется наличие начального тока в магнитных усилителях?

8.5. Почему прекращается рост тока в рабочей цепи при больших значениях тока управления?

## Лабораторная работа №3 Исследование реле

Цель работы: изучение схемы включения электромагнитного реле, его параметров, электронного реле времени.

### 1. Подготовка к работе

- 1.1. Из каких основных элементов состоит электромагнитное реле?
- 1.2. Чем определяется надежность реле?
- 1.3. КАК повысить чувствительность реле?

### 2. Оборудование

- 2.1. Электромагнитное реле РЭС – 6.
- 2.2. Электронный миллисекундомер.
- 2.3. Комбинированный прибор М92.
- 2.4. Электронное реле времени.
- 2.5. Светодиод АЛ 307БМ.
3. Задание №1. Измерение параметров электромагнитного реле.
4. Задание №2. Изучение электронного реле времени.

### 5. Порядок выполнения задания №1

- 5.1. Ознакомится с блоком 2, сектор А1.
- 5.2. Подать на переменный резистор  $R_p$ , размещенный на стенде, постоянное напряжение 20В.
- 5.3. Регулируемое напряжение с резистора  $R_p$  подать на гнезда X1, X3.
- 5.4. Для контроля тока, протекающего по обмотке реле, к гнездам X2, X5 подключить комбинированный прибор на пределе измерения 200 мА.
- 5.5. Для контроля напряжения на обмотке реле – к гнездам X4, X5 подключить второй прибор на пределе измерения 20В.
- 5.6. Увеличивая напряжение с помощью переменного резистора  $R_p$ , зафиксировать в момент загорания светодиода значения тока и напряжения срабатывания реле. Показания приборов занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1.

Исп.	Усп.	Ютп.	Уотп.	Тсп.	Тотп.
мА	В	мА	В	мс	мс

- 5.7. Уменьшая напряжение срабатывания реле с помощью  $R_p$ , зафиксировать в момент погасания светодиода значения тока и напряжения отпускания реле. Показания приборов занести в таблицу 3.1.
- 5.8. Разобрать схему и ознакомиться с сектором А2, блок 2.
- 5.9. Измерение времени срабатывания реле:
  - 5.9.1. К гнездам X1, X2 подключить постоянное напряжение 30В.
  - 5.9.2. К гнездам X3, X4 подключить постоянное напряжение 5В.
  - 5.9.3. Выполнить переключки: X5 – X10, X7 – X8, X11 – X12.
  - 5.9.4. Нажатием кнопки «Уст.0» обнулить счетчик.
  - 5.9.5. Нажать кнопку включения реле (слева) и отсчитать с помощью индикаторов время срабатывания. Результаты занести в таблицу 3.1.
- 5.10. Измерение времени отпускания реле:
  - 5.10.1. Вместо переключек, названных в пункте 5.9.3 выполнить новые: X5 - X6, X9 - X10, X7 - X11.
  - 5.10.2. Обнулить счетчик.

5.10.3. После одного нажатия кнопки включения реле отсчитать время отпущения реле и записать его в таблицу 3.1.

#### 6. Порядок выполнения задания №2

6.1. Ознакомится с блоком 3, А1.

6.2. К гнездам X1, X2 блока 3, подключить постоянное напряжение 30В.

6.3. Для различных значений сопротивлений и емкостей фиксировать по часам время выдержки реле с момента нажатия кнопки SB до момента погасания светодиода VD2. Емкость и сопротивление изменять с помощью выключателей SA1, SA2 и переменного резистора R1.

6.4. Результаты наблюдений занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2.

R	R3	R3	R2 + R3	R1+R2+R3	R2 + R3	R1+R2+R3
C	C2	C1 + C2	C2	C2	C1 + C2	C1 + C2
T(с)						

#### 7. Оформление отчета

7.1. Зарисовать схему включения электромагнитного реле.

7.2. По данным таблицы 3.2. рассчитать мощность срабатывания и мощность отпущения реле по формулам:

$$P_{ср} = I_{ср} \cdot U_{ср}; \quad P_{отп} = I_{отп} \cdot U_{отп}$$

7.3. Зарисовать схему электронного реле времени.

7.4. Проанализировать данные таблицы 3.2. Сделать вывод.

7.5. Ответить на контрольные вопросы.

#### 8. Контрольные вопросы

8.1. Объяснить, почему ток срабатывания реле больше тока отпущения?

8.2. Чем определяется быстродействие реле, т.е. его временные параметры: T<sub>ср</sub>, T<sub>отп</sub>

8.3. Проанализировать работу электронного реле времени (письменно).

8.4. Чем определяется время выдержки реле? Как его изменять?

8.5. В чем отличие нейтрального электромагнитного реле от поляризованного?



## Лабораторная работа №4

### Изучение сельсинных передач

Цель работы: исследование индикаторной и трансформаторной передач на сельсинах, следящей системы.

#### 1. Подготовка к работе

1.1 Что такое сельсин?

1.2. Для чего предназначены системы дистанционной передачи?

1.3. Какова структура системы дистанционной передачи, следящей системы?

#### 2. Оборудование

2.1. Сельсины

2.2. Линия связи

2.3. Комбинированный прибор М92

#### 3. Задание №1

Исследование индикаторной передачи.

#### 4. Задание №2

Исследование трансформаторной передачи.

#### 5. Задание №3

Изучение действия следящей системы.

6.1. Ознакомится с элементами системы дистанционной передачи, размещенными на лабораторном стенде слева от приборов.

6.2. Соединить через линию связи Rл, гнезда R1, R3, R3 обмоток сельсинов.

6.3. Соединить между собой гнезда C1, C2 обмоток сельсинов и подключить их к источнику переменного напряжения ( 110В или 30В – в соответствии с обозначением на лицевой панели ).

6.4. Поворачивая ротор сельсина-датчика, наблюдать за положением ротора сельсина-приемника.

6.5. Результаты наблюдений занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1.

$\alpha$ д	дел	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$\alpha$ пр	дел													

#### 7. Порядок выполнения задания №2

7.1. Отключить обмотку возбуждения сельсина приемника от напряжения и подключить ее ( гнезда C1,C2 ) к комбинированному прибору на пределе измерения переменного напряжения 200В.

7.2. Повернуть ротор сельсина приемника относительно ротора сельсина-датчика на  $90^0$ .

7.3. Поворачивая ротор сельсина-датчика, наблюдать за показаниями прибора ( ротор сельсина-приемника зафиксировать).

7.4. Результаты наблюдений занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2.

д	дел.	0	30	60	90	120	150	180
U вых.	В							

## 8. Оформление отчета

- 8.1. Зарисовать схему индикаторной передачи.
- 8.2. По результатам таблицы 4.1. сформулировать основное свойство данной передачи.
- 8.3. Зарисовать схему трансформаторной передачи.
- 8.4. По данным таблицы 4.2. построить характеристику  $U_{\text{вых}} = f(\alpha)$  и проанализировать ее.
- 8.5. Ответить на контрольные вопросы.

## 9. Контрольные вопросы

- 9.1. В чем заключается принцип действия индикаторной передачи на сельсинах?
- 9.2. От чего зависит точность передачи?
- 9.3. Для чего вводится начальный разбаланс в трансформаторной передаче?
- 9.4. Почему не подвижен сельсин-приемник в трансформаторной передаче?
- 9.5. В чем заключается принцип работы следящей системы?



## 7. Оформление отчета

7.1. Зарисовать схему делителя напряжения.

7.2. Определить статический коэффициент передачи звена по формуле:

$$K_{ст.} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$

7.3. Записать уравнения делителя.

7.4. Зарисовать схему эмиттерного повторителя.

7.5. Рассчитать статический коэффициент передачи звена по формуле:

$$K_{ст.} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} \text{ и занести в таблицу 5.1.}$$

7.6. Записать уравнения звена.

7.7. Ответить на контрольные вопросы.

## 8. Контрольные вопросы

8.1. К какому виду относятся исследованные звенья?

8.2. Как связаны свойства звеньев с видом уравнения?

8.3. Приведите примеры инерционных звеньев и их уравнение? 8.4. Что такое устойчивость звена или системы?

## Лабораторная работа №6

### Исследование операционных усилителей.

Цель работы: изучение схем включения и характеристик интегрирующего и дифференцирующего операционных усилителей.

#### 1. Подготовка к работе

- 1.1. Что такое операционный усилитель?
- 1.2. Чем определяется выполняемая им функция?
- 1.3. где применяются операционные усилители?

#### 2. Оборудование

- 2.1. Операционные усилители К553УД1А.
- 2.2. Комбинированный прибор М92.
- 2.3. Электронный осциллограф Н3015 (любой учебный осциллограф).

#### 3. Задание №1 Снятие характеристики интегрирующего усилителя.

#### 4. Задание №2 Снятие характеристики дифференцирующего усилителя.

#### 5. Порядок выполнения задания №1

- 5.1. Ознакомится с блоком 4, сектором А1, сектором А3.
- 5.2. К гнездам Х1, Х2 потенциометра R (сектор А3) подключить постоянное напряжение 20В.
- 5.3. На выход потенциометра R Х3, Х4 подключить вольтметр на пределе измерения 20В.
- 5.4. Установить на выходе потенциометра напряжение 3В.
- 5.5. Подать напряжение с выхода потенциометра R на вход интегрирующего усилителя (сектор А1) к гнездам Х1/-, Х2/+ . Вольтметр с выхода потенциометра переключить на вход усилителя.
- 5.6. К гнездам Х5, Х6 (сектор А1) подключить второй вольтметр на пределе измерения 20В.
- 5.7. К гнездам Х7, Х8 подключить постоянное напряжение 30В.
- 5.8. Убедиться, что напряжение на входе усилителя не превышает 3В.
- 5.9. Кратковременно нажать кнопку SB и затем наблюдать за увеличением выходного напряжения до определенного значения.
- 5.10. Повторным нажатием кнопки SB разрядить конденсатор, через равные интервалы времени (по часам) фиксировать выходное напряжение усилителя.
- 5.11. Результаты занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1.

Т	с	0	2	4								
Увых.	В											

#### 6. Порядок выполнения задания №2

- 6.1. Ознакомится с блоком 4, сектором А3.
- 6.2. Подать на гнезда Х1, Х2 переменное напряжение 5В.
- 6.3. На выход усилителя Х3, Х4 подключить осциллограф.
- 6.4. К гнездам Х7, Х8 (сектор А1) подключить постоянное напряжение 30В.
- 6.5. Получить на экране осциллографа устойчивое изображение выходного напряжения и зарисовать его. (Возможно с помощью кальки).

## 7. Оформление отчета

- 7.1. Зарисовать схему интегрирующего усилителя.
- 7.2. По данным таблицы 6.1. построить график:  $U_{\text{вых}} = f(T)$ .
- 7.3. Зарисовать схему дифференцирующего усилителя.
- 7.4. Зарисовать осциллограмму выходного напряжения. (Возможно с помощью кальки).
- 7.5. Ответить на контрольные вопросы.

## 8. Контрольные вопросы

- 8.1. Какими элементами определяется коэффициент передачи усилителя?
- 8.2. Каковы условное обозначение и назначение выводов микросхемы К553УД1А?
- 8.3. Приведите уравнения интегрирующего и дифференцирующего усилителей?
- 8.4. Составьте схему аналоговой модели, соответствующую уравнению  $T \cdot y + v \cdot y + a \cdot x = 0$
- 8.5. Приведите примеры использования операционных усилителей

## Лабораторная работа № 7 Исследование логических элементов

Цель работы: изучение логических микросхем серии К155.

### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. Какие основные функции алгебры логики Вы знаете?
- 1.2. Для чего принимаются логические элементы?
- 1.3. В чем особенности микросхем серии К155?

### 2. Оборудование.

- 2.1. Микросхемы: К155ЛА3, К155ЛЛ1, К155ЛЕ1.
- 2.2. Светодиоды АЛ307БМ.
- 2.3. Комбинированный прибор М92.

### 3. Задание № 1. Измерение уровней логических сигналов для микросхем серии К155.

### 4. Задание №2. Изучение свойств логических элементов.

### 5. Задание №3. Изучение комбинационных логических схем.

### 6. Порядок выполнения задания №1.

- 6.1. Ознакомится с лабораторным блоком №5.
- 6.2. Подключить к гнездам X19, X20 постоянного напряжения 5 В.
- 6.3. Измерить с помощью цифрового прибора на пределе измерения 20 В напряжение на выходе переключателя SA1, затем SA2, соответствующие логической единице и логическому нулю.
- 6.4. Результаты занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1.

Состояние переключателя	Замкнутое (вкл.)	Разомкнутое (выкл.)
Уровень напряжения (В)		
Логический сигнал		
Состояние светодиода		

### 7. Порядок выполнения задания №2.

#### 7.1. Изучение микросхемы DD1:

- 7.1.1. Выход переключателя SA1, т.е. гнездо X1 соединить со входом X5 микросхемы DD1.
- 7.1.2. Состояние входа элемента (X5) и выхода (X8) фиксировать светодиодами.
- 7.1.3. Результаты наблюдений и переключений занести в таблицу 7.2.

Таблица 7.2.

X5	X8
0	
1	

#### 7.2. Изучение микросхемы DD2:

- 7.2.1. Выходы переключателей SA1, SA2 подключить ко входам X6, X7 микросхемы.
- 7.2.2. Изменяя состояние входов элемента фиксировать с помощью светодиодов состояние выхода X9.
- 7.2.3. Результаты наблюдений занести в таблицу 7.3.

Таблица 7.3.

X6	X7	X9
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

7.3. Изучение микросхемы DD3:

Повторить пункты 7.2.1. - 7.2.3.

7.4. Изучение микросхемы DD4:

Повторить пункты 7.2.1. - 7.2.3.

7.5. Изучение микросхемы DD5:

Повторить пункты 7.2.1 - 7.2.3.

### 8. Порядок выполнения задания №3.

8.1. Составить, затем собрать схему соединения двух логических элементов (произвольную). По аналогии с пунктом 7.2. заполнить таблицу истинности схемы.



## Лабораторная работа №8

### Исследование регистра

Цель работы: изучение устройства и принципа действия простейшего регистра.

#### 1. Подготовка к работе

- 1.1. Что такое регистр и в чем его назначение?
- 1.2. От чего зависит количество триггеров в регистре?
- 1.3. Какие триггеры называются синхронными?

#### 2. Оборудование

- 2.1. Микросхема K155TM8.
- 2.2. Светодиоды АЛ307БМ.

#### 3. Задание №1. Анализ схемы данного регистра.

#### 4. Задание №2. Изучение действий, выполняемых данным регистром.

#### 5. Порядок выполнения задания №1

- 5.1. Ознакомится с блоком №7.
- 5.2. Подать постоянное напряжение 5В к гнездам X1, X2.
- 5.3. Проанализировать, какие сигналы на D – входы триггеров при замкнутых состояниях выключателей SA1 - SA3.
- 5.4. Проанализировать, какой сигнал поступает на P- входы триггеров при нажатии кнопки SB1. Какой уровень сигнала является активным?
- 5.5. Проанализировать, какой перепад напряжения возникает на C- входах триггеров при нажатии кнопки SB2.

#### 6. Порядок выполнения задания №2

- 6.1. Нажатием кнопки SB1 "обнулить" регистр. Состояние выходов триггеров фиксировать светодиодами V D1 - V D6.
- 6.2. Записать информацию в регистр:
  - 6.2.1. Установить с помощью выключателей SA1 - SA3 на входе регистра код "111".
  - 6.2.2. Нажать кнопку SB2.
  - 6.2.3. Убедится, что состояние регистра изменилось.
  - 6.2.4. Результаты наблюдений занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1.

№	Состояние входов				Состояние выходов						
	R	D1	D2	D3	C	Q1	Q2	Q3	$\bar{Q}1$	$\bar{Q}2$	$\bar{Q}3$
1											
2											
3											
4											
5											

#### 6.3. Хранение информации:

- 6.3.1. Изменить с помощью выключателей SA1 - SA3 код на входе регистра.
- 6.3.2. Убедится, что состояние регистра не изменилось.
- 6.3.3. результаты занести в таблицу 8.1.

6.4. Запись новой информации:

6.4.1. Установить на входе регистра код "101" .

6.4.2. Нажать кнопку SB2 и наблюдать состояние регистра.

6.4.3. результаты занести в таблицу 8.1.

6.5. Обнуление регистра:

6.5.1. Нажать кнопку SB1.

6.5.2. Состояние регистра отразить в таблице 8.1.

## 7. Оформление отчета

7.1. Зарисовать схему регистра, изображенную на блоке.

7.2. Записать выводы, сделанные в пунктах 5.3, 5.4, 5.5.

7.3. Ответить на контрольные вопросы.

## 8. Контрольные вопросы

8.1. Каковы условное обозначение и назначение выводов микросхемы K155TM8.

8.2. Какие разновидности регистров Вам известны?

8.3. Каковы условное обозначение и диаграмма переключений – триггера?

8.4. Изменить схему соединения триггеров в данном регистре для получения регистра сдвига.

8.5. Пояснить запись трехразрядного кода в регистр сдвига с помощью временной диаграммы.

## Лабораторная работа №9

### Исследование двоичного счетчика и дешифратора

Цель работы: изучение принципа работы четырехразрядного двоичного счетчика и дешифратора.

#### 1. Подготовка к работе

- 1.1. Что такое счетчик и в чем его назначение?
- 1.2. На основе, каких триггеров может быть построен счетчик?
- 1.3. Как связано число триггеров с коэффициентов пересчета?

#### 2. Оборудование

- 2.1. Микросхема К155ИЕ2.
- 2.2. Микросхема К514 ИД1.
- 2.3. Светодиоды АЛ307КМ.
- 2.4. Комбинированный прибор М92А.
- 2.5. Светодиодный индикатор АЛ307КМ.

3. Задание №1. Изучение микросхемы К155ИЕ2.

4. Задание №2. Изучение принципа работы счетчика и дешифратора.

#### 5. Порядок выполнения задания №1

- 5.1. Ознакомится с блоком №6.
- 5.2. Проанализировать информацию о микросхеме К155ИЕ2:
  - 5.2.1. Микросхема К155ИЕ2 – универсальный четырехразрядный интегральный счетчик.
  - 5.2.2. Состав микросхемы: триггер со счетным входом и трехразрядный счетчик с коэффициентом деления - 5; вместе они образуют "двоично - десятичный" счетчик.
  - 5.2.3. Выводы микросхемы:  
С1 – вход  
Р0 - & - вход установки "0"  
1 – С2 – переключатель, устанавливающий коэффициент пересчета – 9  
Р9 - & - вход установки "9"  
1,2,3,4 – выходы.

#### 6. Порядок выполнения задания №2

- 6.1. К гнездам Х1, Х3 блока подать постоянное напряжение 5В.
- 6.2. Нажатием кнопки SB2 установить счетчик в нулевое состояние.
- 6.3. Нажатием кнопки SB1 на вход счетчика подать импульс, при этом должен загореться светодиод, включенный на входную цепь счетчика.
- 6.4. Состояние выходов счетчика также фиксировать светодиодами.
- 6.5. Логические состояния выходов дешифратора контролировать комбинированным прибором на пределе измерения 20В.
- 6.6. Состояние светодиодного индикатора фиксировать для каждого состояния счетчика.
- 6.7. Подавая на вход счетчика импульсную последовательность многократным нажатием кнопки SB1, заполнить таблицу 9.1. состояний всех элементов.

Таблица 9.1.

№импульса на входе счетчика	Состояние выходов счетчика				Состояние выходов дешифратора							Сост. индика- тора
	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	
0												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

### 7. Оформление отчета

7.1. Зарисовать схему включения счетчика и дешифратора, таблицу состояний.

### 8. Ответить на контрольные вопросы

8.1. Как связан номер счетного импульса с состоянием счетчика?

8.2. Что такое Т – триггер и как его получить? Привести схему и таблицу состояний Т – триггера.

8.3. Составить функциональную схему четырехразрядного счетчика.

8.4. Привести диаграмму переключений счетчика (п.8.3.).

8.5. Какие изменения необходимо ввести в схему (п.8.3.) чтобы коэффициент перерасчета равнялся 9 ?

8.6. Сформулировать функцию дешифратора в данной работе.

8.7. Как построить вычитающий счетчик?

8.8. Привести обозначение и нумерацию выводов микросхемы К155ИЕ2.

## Лабораторная работа №10

### Исследование двоичного сумматора

Цель работы: Изучения принципа действия двухразрядного двоичного сумматора.

#### 1. Подготовка к работе

- 1.1. Что такое двоичный сумматор и в чем его назначение?
- 1.2. Какой сумматор называется неполным?
- 1.3. Для чего нужен выход переноса в сумматоре?

#### 2. Оборудование

- 2.1. Микросхемы К155ИМ2.
- 2.3. Светодиоды АЛ307КМ.

#### 3. Задание №1. Анализ данного сумматора.

#### 4. Задание №2. Изучение принципа работы сумматора.

#### 5. Порядок выполнения задания №1.

- 5.1. Ознакомится с блоком №8.
- 5.2. К гнездам X1, X2 блока подать постоянное напряжение 5В.
- 5.3. Проанализировать; какие сигналы поступают на входа сумматора при замыкании ключей S1 – S5.
- 5.4. То же. При размыкании S1 – S5.

#### 6. Порядок выполнения задания №2.

- 6.1. Установить нулевой сигнал на входе переноса – P1 сумматора.
- 6.2. Изменяя состояния входов сумматора A1, B1, A2, B2 с помощью ключей S1 – S4, фиксировать состояния выходов с помощью светодиодов VD1 - VD3.
- 6.3. Результаты наблюдений занести в таблицу 10.1.

Таблица 10.1.

Перенос	P1 = 0																
	№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Состояние входов	A1																
	B1																
	A2																
	B2																
Состояние выходов	1																
	2																
	3																

- 6.4. Установить единичный сигнал на входе переноса P1 сумматора.
- 6.5. Повторить опыт 6.2. и результаты занести в таблицу 10.2.

#### 7. Оформление отчета

- 7.1. Зарисовать схему включения сумматора и таблицы состояний .
- 7.2. Ответить на контрольные вопросы.

## 8. Контрольные вопросы

- 8.1. Расшифровать назначение выводов микросхемы K155ИМ2 и привести ее обозначение с нумерацией выводов.
- 8.2. Привести функциональную схему двухразрядного сумматора.
- 8.3. Проанализировать сложение чисел  $A = 10$ ,  $B = 11$  по функциональной схеме.
- 8.4. Привести таблицу состояний полного одноразрядного сумматора и реализовать ее на элементах логики.
- 8.5. Записать логическое выражение для переменной  $P2$ , используя таблицу 10.1., пункт 6.3.

## лабораторная работа № 1 (блок №1) исследование полупроводниковых приборов

**Цель работы:** ознакомление с основными свойствами выпрямительных диодов и стабилитронов по вольтамперным характеристикам (ВАХ).

### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. В чем заключается основное свойство выпрямительного диода?
- 1.2. По каким параметрам выбираются диоды в схемах.
- 1.3. В чем заключается основное свойство стабилитрона?
- 1.4. Как включается стабилитрон в схемах?

**2. Оборудование:** лабораторный стенд, блок №1, соединительные провода, токовый шунт.

### 3. Задание №1. Исследование полупроводникового диода.

- 3.1. Снять прямую ветвь ВАХ диода  $I_{пр} = f(U_{пр})$ .
- 3.2. Снять обратную ветвь ВАХ диода  $I_{обр} = f(U_{обр})$ .

### 4. Задание №2. Исследование полупроводникового стабилитрона.

- 4.1. Снять прямую ветвь ВАХ стабилитрона  $I_{пр} = f(U_{пр})$ .
- 4.2. Снять обратную ветвь ВАХ (рабочую) стабилитрона  $I_{обр} = f(U_{обр})$ .

### 5. Порядок выполнения задания №1

- 5.1. Снятие прямой ветви ВАХ диода. Схема А1.
  - 5.1.1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.
  - 5.1.2. На одном из источников питания V1 или V2 с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5 В, измерив его мультиметром на пределе измерения 20 В.
  - 5.1.3. Выключить сетевой тумблер.
  - 5.1.4. Ручку потенциометра R1 повернуть против часовой стрелки до упора.
  - 5.1.5. Подать питание на исследуемую схему: "+" – X1, "-" – X2.
  - 5.1.6. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерения согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность. К мультиметру, работающему в режиме измерения тока, подключить токовый шунт на указанном пределе измерения.
  - 5.1.7. После проверки схемы преподавателем, включить сетевой тумблер.
  - 5.1.8. Поворачивая ручку потенциометра R1 по часовой стрелке, изменять прямое напряжение диода в пределах, указанных в таблице 1.1, фиксируя значения тока через каждые 0.1 В. Результаты измерений занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1.

Uпр, В	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Iпр, mA						

- 5.1.9. Выключить сетевой тумблер.

5.2. Снятие обратной ветви ВАХ диода. Схема А2.

5.2.1. На обоих источниках питания V1 и V2 выставить максимальные напряжения 15 В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора. Соединить источники последовательно, установив таким образом напряжение блока 30 В.

5.2.2. Подать напряжение питания на исследуемую схему:

"+" источника V2 – на клемму X1. "-" источника V1 – на клемму X2.

5.2.3. Ручку потенциометра R2 повернуть против часовой стрелки до упора.

5.2.4. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерений согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность. Предварительно к мультиметру, работающему в режиме измерения тока, подключить токовый шунт на указанном пределе измерения тока.

5.2.5. После проверки схемы преподавателем включить стенд в сеть аналогично п.п. 5.1.1.

5.2.6. Поворачивая ручку потенциометра R2 по часовой стрелке, изменять обратное напряжение на диоде в пределах, указанных в таблице 1.2. Значения тока фиксировать через каждые 5 В. Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2.

Uобр, В	0	5	10	15	20	25	30
Iобр, mA							

5.2.7. Выключить сетевой тумблер.

5.3. По данным таблиц 1.1. и 1.2. построить ВАХ диода.

5.4. По ВАХ или таблицам определить сопротивление диода при прямом включении Rпр. и в обратном включении Rобр. при напряжении, указанных в п.п. 7.5.3.

## 6. Порядок выполнения задания №2.

6.1. Снятие прямой ветви ВАХ стабилитрона. Схема А3.

6.1.1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положении ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

6.1.2. На одном из источников питания с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5 В, измерив его мультиметром на пределе измерения 20 В.

6.1.3. Выключить сетевой тумблер.

6.1.4. Ручку потенциометра R5 повернуть против часовой стрелки до упора.

6.1.5. Подать питание на исследуемую схему: "+" - X1, "-" - X2.

6.1.6. Подключить измерительные приборы, с указанными пределами измерений согласно мнемосхемы, соблюдая полярность.

6.1.7. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ.

6.1.8. Поворачивая ручку потенциометра R5 по часовой стрелке, изменять прямое напряжение на стабилитроне в пределах, указанных в таблице 1.3. Значения тока фиксировать через каждые 0.1В. Результаты измерений занести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3.

Uпр, В	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Iпр, mA								

6.19. Выключить сетевой тумблер.

6.2. Снятие обратной ветви ВАХ стабилитрона. Схема А4.

6.2.1. Выставить на одном из источников питания напряжение 15В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.

6.2.2. Подать питание на исследуемую схему "+" – X1, "-" - X2 предварительно повернув ручку потенциометра R7 против часовой стрелки до упора.

6.2.3. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерений согласно мнемосхемы, соблюдая полярность.

6.2.4. После проверки схемы преподавателем включить сетевой тумблер.

6.2.5. Поворачивая ручку потенциометра R7 по часовой стрелке, изменять обратное напряжение на стабилитроне в пределах, указанных в таблице 1.4. Увеличить число фиксируемых точек характеристики, начиная 4 В. Для каждого значения напряжения измерить ток. Результаты измерений занести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4.

Uпр, В	0	1	2	3	4	4.5	5	5.3	5.6
Iпр, мА									

6.2.6. После окончания измерений отключить стенд, нажав кнопку СЕТЬ и выключив световой тумблер.

6.3. По данным таблиц 1.3. и 1.4. построить ВАХ стабилитрона.

6.4. По ВАХ или таблице определить напряжение стабилизации Uст.

## 7. Содержание отчета.

7.1. Наименование лабораторной работы. 7.2. Цель работы.

7.3. Перечень приборов и оборудования.

7.4. Исследуемые схемы (А1, А2, А3, А4).

7.5.1. Таблицы № 1.1. – 1.4.

7.5.2. Характеристики:

- ВАХ диода;

- ВАХ стабилитрона.

7.5.3. Расчеты:

- прямое сопротивление диода:  $R_{пр} = \frac{U_{пр}}{I_{пр}}$  при  $U_{пр} = 0.4 \text{ В}$ ,  $U_{пр} = 0.1 \text{ В}$

- обратное сопротивление диода:  $R_{обр} = \frac{U_{обр}}{I_{обр}}$  при  $U_{обр} = 20 \text{ В}$

7.5.4. Значение напряжения стабилизации Uст стабилитрона.

7.6. Ответы на контрольные вопросы.

## 8. Контрольные вопросы.

8.1. Объясните выпрямляющее действие диода.

8.2. Приведите основные параметры выпрямительного диода.

8.3. Как влияет температура на диод?

8.4. Чем определяется рабочая область стабилитрона?





при R1(I61)											
Ikэ, мА при R1(I62)											
Ikэ, мА при R1(I63)											
Ikэ, мА при R1(I64)											

5.1.14. По данным таблицы 2.1. построить входные характеристики  $I_k = f(U_{кэ})$  при разных уровнях входного сигнала  $I_b$ . На характеристике указать соотношение токов базы.

### 6. Порядок выполнения задания №2. Схема А2.

6.1. Снятие переходной характеристики полевого транзистора.

6.1.1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

6.1.2. На источнике питания V1 с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5 В, измерив его мультиметром.

6.1.3. На источнике питания V2 выставить напряжение 15 В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.

6.1.4. Выключить сетевой тумблер.

6.1.5. Ручки потенциометров R7 и R8 повернуть по часовой стрелке до упора.

6.1.6. Источник питания V1 соединить с входными клеммами транзистора, V2 с выходными клеммами согласно мнемосхемы ("-" источников подавать на общую точку схемы).

6.1.7. Подключить измерительные приборы с указанными на мнемосхеме пределами измерений и полярностью.

6.1.8. После проверки схемы выключить сетевой тумблер.

6.1.9. Поворачивая ручку потенциометра R7 против часовой стрелки, установить такое отрицательное относительно истока напряжения, чтобы ток стока был равен 0 ( $I_c = 0$ ) при максимальном напряжении  $U_{си}$ . Для точной установки нулевого значения тока временно установить предел измерения амперметра 2 мА.

6.1.10. Поворачивая далее ручку потенциометра R7 против часовой стрелки, записать показания измерительных приборов в 5-6 точках, начиная от точки отсечки  $U_{зи\ max}$  до  $U_{зи} = 0$ .

6.1.11. Когда  $U_{зи} = 0$  (крайнее левое напряжение ручки потенциометра R7), изменить полярность напряжения, подаваемого на клемму X1. Одновременно изменить полярность вольтметра.

6.1.12. Поворачивая ручку потенциометра R7 по часовой стрелке, снять показания измерительных приборов в 3-4 точках через каждые 0.4 – 0.5 В. Результаты измерений занести в таблицу 2.2.

6.1.13. Сетевой тумблер выключить.

Таблица 2.2.

Uзи, В	
Iс, мА	

6.1.14. По данным таблицы 2.2 построить переходную характеристику

$I_c = f(U_{зи})$  при  $U_{си} = \text{const} = \text{max}$ .

6.1.15. По характеристике определите крутизну полевого транзистора S.

Примечание: аналогичным образом можно снять и построить переходные характеристики для других фиксированных значений  $U_{си}$ , каждое из которых устанавливается поворотом ручки потенциометра R8 против часовой стрелки.

6.2 Снятие выходных (стокowych) характеристик полевого транзистора при трех уровнях  $U_{зи}$ .

Подготовительную работу провести согласно п.п.6.1.1, - 6.1.4, и 6.1.6.

6.2.1. Ручки потенциометров R7 и R8 повернуть против часовой стрелки до упора.

6.2.2. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерений согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность. Мультиметр, работающий в режиме вольтметра,

подсоединить к необходимым клеммам с помощью двухлучевого провода для возможности измерения  $U_{зи}$  и  $U_{си}$ .

6.2.3. После проверки схемы преподавателем, включить сетевой тумблер и убедиться, что  $U_{зи} = 0$

6.2.4. Выключить сетевой тумблер.

6.2.5. Мультиметр, работающий в режиме вольтметра, переключить со входа транзистора на выход (+ на X7), предварительно установив на нем предел измерения 20 В.

6.2.6. Включить сетевой тумблер.

6.2.7. Поворачивая ручку потенциометра R8 по часовой стрелке, изменять напряжение между стоком и истоком  $U_{си}$  в пределах, указанных в таблице 2.3. Для каждого фиксированного напряжения  $U_{си}$  измерить ток стока  $I_c$ .

Результаты измерений занести в таблицу 2.3.

6.2.8. Сетевой тумблер выключить, ручку потенциометра R8 поставить в исходное положение.

6.2.9. Мультиметр, работающий в режиме вольтметра, подключить на вход транзистора.

6.2.10. Включить сетевой тумблер.

6.2.11. Поворачивая ручку потенциометра R7 по часовой стрелке. Установить напряжение между затвором и истоком  $U_{зи} = 1 В$ .

6.2.12. Выключить сетевой тумблер.

6.2.13. Мультиметр, работающий в режиме вольтметра, переключить со входа транзистора на выход.

6.2.14. Включить сетевой тумблер.

6.2.15. Поворачивая ручку потенциометра R8 по часовой стрелке, изменять напряжение  $U_{си}$  в пределах, указанных в таблице 2.3.

Для каждого фиксированного значения напряжения  $U_{си}$  измерить ток  $I_c$ .

Результаты измерений занести в таблицу 2.3.

6.2.16. Сетевой тумблер выключить. Ручку потенциометра R8 повернуть в исходное положение, а ручку R7 оставить в прежнем.

6.2.17. Аналогичные измерения (п.п.6.2.15.) произвести при  $U_{зи} = -1 В$ . Для этого поменять полярность напряжения питания, подаваемого на входные клеммы схемы (5 В). Результаты измерений занести в таблицу 2.3. Отключить стенд.

Таблица 2.3.

$U_{зи}=0$	$U_{си}, В$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6
	$I_c, мА$									
$U_{зи}=1В$	$U_{си}, В$									
	$I_c, мА$									
$U_{зи} = -1В$	$U_{си}, В$									
	$I_c, мА$									

6.2.18. По данным таблицы 2.3. построить семейство выходных характеристик.

$I_c = f(U_{си})$  при  $U_{зи} = 0.1 - 1 В$ .

6.2.19. По выходным характеристикам определить дифференциальное сопротивление стока для каждого значения  $U_{зи}$ .

## 7. Содержание отчета.

7.1. Наименование лабораторной работы.

7.2. Цель работы.

7.3. Перечень приборов и оборудования.

7.4. Исследуемые схемы (A1, A2).

7.5. Результаты исследований.

7.5.1. Таблицы №2.1. – 2.3.

7.5.2. Характеристики:

- выходная  $I_c = f(U_{кэ})$  при  $I_b = \text{const}$  для биполярного транзистора;

- переходная  $I_c = f(U_{зи})$  при  $U_{си} = \text{const}$  для полевого транзистора;

- выходная (стоковая)  $I_c = f(U_{си})$  при  $U_{зи} = 0.1 - 1В$ .

7.5.3. Расчеты:

- крутизна  $S = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зи}}$  для полевого транзистора.

- дифференциальное сопротивление стока  $R_c = \frac{\Delta U_{cu}}{\Delta I_c}$  при трех значения  $U_{зи}$  для полевого транзистора.

7.6. Выводы по характеристикам.

7.7. Ответы на контрольные вопросы.

8.1. Что такое  $h$  - параметры транзистора?

8.2. Чем определяется ширина канала в полевых транзисторах?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

#### ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

**Цель работы:** практическое ознакомление с особенностью усилительных каскадов с общим эмиттером (ОЭ), общим коллектором (ОК) или эмиттерным повторителем, общей базой (ОБ)

##### 1. Подготовка к работе.

1.1. На чем основано усиление электрических сигналов с помощью транзистора?

1.2. Почему схема с общим эмиттером нашла наибольшее применение?

1.3. Что такое режим покоя усилителя?

**2. Оборудование:** лабораторный стенд, бдлк №3 (схемы А1, А2, А3), соединительные провода.

**3. Задание №1.** Исследование усилительного каскада ОЭ.

3.1. Снять амплитудную характеристику  $U_{вых.} = f(U_{вх.})$

3.2. Снять частотную характеристику  $K_{\phi}(f)$  при  $U_{вх.} = const$ .

3.3. Измерить параметры режима покоя  $U_{бэ0}$ ,  $U_{кэ0}$ .

**4. Задание №2.** Исследование усилительного каскада ОК (эмиттерного повторителя).

Снять амплитудную характеристику  $U_{вых} = f(U_{вх.})$ .

**5. Задание №3.** Исследование усилительного каскада ОБ. Снять амплитудную характеристику  $U_{вых} = f(U_{вх.})$ .

##### 6. Порядок выполнения задания №1. Схема А1.

6.1. Снятие амплитудной характеристики Каскада ОЭ.

6.1.1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положении ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

6.1.2. На одном из источников питания V1 или V2 выставить напряжение 15 В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.

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

6.1.4. Выключить сетевой тумблер.

6.1.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на вход каскада, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора двухлучевыми проводами соединить с входными клеммами каскада:

"~" - X2, "I" - X3 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2 В.

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

6.1.7. Выход каскада соединить двухлучевыми проводами с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20 В и с входом осциллографа: X7 - "U" X8 "I".

6.1.8. Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ. Поставить в положение 5, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. – в положение 1.

6.1.9. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.

6.1.10. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА, по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада в пределах, указанных в таблице 3.1. Для каждого фиксированного значения входного напряжения измерить мультиметром соответствующее выходное напряжение каскада. Результаты измерения занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1.

U <sub>вх</sub> , В	0	0.02	0.04	0.06	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6
U <sub>вых</sub> , В									
K <sub>и</sub>									

6.1.11. 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).

6.1.12. По данным, полученным в результате измерений, рассчитать коэффициент усиления по напряжению K<sub>и</sub>, занести его значение в таблицу и построить амплитудную характеристику.

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

6.2. Снятие частотной характеристики.

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

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

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

6.2.4. Измерить частоту входного сигнала и величину выходного напряжения для каждого положения переключателя. Одновременно наблюдать изменения частоты выходного сигнала на экране осциллографа, после чего отключит его нажатием кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ. Результаты измерений занести в таблицу 3.2.

U<sub>вх</sub> = const

Таблица 3.2.

Положение переключателя	1	2	3	4	5	6	7
f, кГц							
U <sub>вых</sub> , В							
K <sub>и</sub>							

6.2.5. По полученным данным рассчитать коэффициент усиления по напряжению K<sub>и</sub>, занести его значение в таблицу и построить частотную характеристику каскада ОЭ.

6.2.6. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до фиксации. Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.

6.3. измерение параметров режима покоя.

6.3.1. Мультиметр, подключенный к входным клеммам каскада X1 и X3, перевести в режим измерения постоянного напряжения на пределе измерения 2 В. Мультиметр, подключенный к выходным клеммам каскада, переключить на клемму 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>.

6.3.2. Нажать кнопку СЕТЬ и выключить сетевой тумблер.

## 7. Порядок выполнения задания №2. Схема А2.

Снятие амплитудной характеристики каскада ОК (эмиттерного повторителя).

7.1. Включить стенд, поставить сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

7.2. На одном из источников питания 1 или 2 выставить напряжение 15 В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.

- 7.3. Подать питание на исследуемую схему: "+" - X4, "-" - X6.  
 7.4. Выключить сетевой тумблер.  
 7.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на вход каскада, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора соединить двухлучевыми проводами с входными клеммами каскада:  
 "~" - X1, "I" - X3 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2В.  
 7.6. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора (фиксации). Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 3 или 4.  
 7.7. Выход каскада соединить с помощью двухлучевых проводов с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20В и со входом осциллографа: X5 - "У", X6 - "Г".  
 7.8. Переключить осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ поставить в положение 5, а ВРЕМЯ/ДЕЛ. – в положение 1.  
 7.9. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.  
 7.10. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада в пределах, указанных в таблице 3.3. Для каждого фиксированного значения входного напряжения измерить мультиметром соответствующее выходное напряжение каскада. Результаты измерения занести в таблицу 3.3.

Таблица 3.3.

Uвх, В	0	0.02	0.04	0.06	0.1	0.2	0.4	0.6
Uвых, В								
Ku								

- 7.11. Одновременно ручками осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ. добиться устойчивого изображения выходного напряжения на экране. Проследить по ходу измерений за изменением выходного напряжения.  
 7.12. По полученным данным рассчитать коэффициент усиления по напряжению Ku, занести его значение в таблицу и построить амплитудную характеристику каскада ОК.  
 7.13. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до фиксации, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.  
 7.14. Отключить стенд.

### 8. Порядок выполнения задания №3. Схема А3.

Снятие амплитудной характеристики каскада ОБ.

- 8.1. Пункты 8.1. т. 8.9. выполнить аналогично пунктам 7.1. – 7.9.  
 8.10. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение в пределах, указанных в таблице 3.4., а ручками осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ добиться устойчивого изображения выходного синусоидального напряжения на экране.  
 8.11. Для каждого из указанных в таблице значений входного напряжения измерить мультиметром соответствующие выходные напряжения каскада. Результаты измерений занести в таблицу 3.4.

Таблица 3.4.

Uвх, В	0	0.02	0.04	0.06	0.1	0.2	0.4	0.6
Uвых, В								
Ku								

- 8.12. По полученным данным рассчитать коэффициент усиления по напряжению Ku, занести его значения в таблицу и построить амплитудную характеристику каскада ОБ.  
 8.13. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до фиксации, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.  
 8.14. Отключить стенд.

### 9. Содержание отчета.

- 9.1. Наименование лабораторной работы.  
 9.2. Цель работы.  
 9.3. Перечень приборов и оборудования.

9.4. Схемы усилительных каскадов (А1, А2, А3).

9.5. Результаты исследований.

9.5.1. Таблицы №3.1. – 4.4.

9.5.2. Характеристики:

- амплитудная  $U_{вых} = f(U_{вх})$  для каскадов ОК, ОК, ОБ;

- частотная  $K = \varphi(f)$  при  $U_{вх} = \text{const}$  каскада ОЭ.

9.5.3. Расчеты.

Коэффициент усиления по напряжению  $K_u = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$  для всех каскадов.

9.5.4. Осциллограммы для каскада ОЭ при среднем и максимальном значениях входного напряжения.

9.5.5. Значения параметров режима покоя  $U_{бэ0}$ ,  $U_{кэ0}$  каскада ОЭ и вывод о режиме работы каскада.

9.6. Ответы на контрольные вопросы.

### **10. Контрольные вопросы.**

10.1. Для чего служат делители напряжения в цепи базы усилительных каскадов?

10.2. Когда происходит искажение выходного сигнала и почему?

10.3. Почему уменьшается коэффициент усиления на низких частотах?

10.4. В чем особенность эмиттерного повторителя?

10.5. Какие выводы можно сделать об усилительном каскаде ОБ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3А

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ НА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

**Цель работы:** практическое ознакомление с особенностью усилительных каскадов с общим истоком (ОИ) и общим стоком (ОС) или истокового повторителя.

#### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. Какую область полевого транзистора называют затвором?
- 1.2. Чем определяется ширина канала для прохождения носителей заряда от истока к истоку?
- 1.3. В чем особенность схемы с общим стоком?

**2. Оборудование:** лабораторный стенд, блок № 3А, соединительные провода.

#### 3. Задание №1. Исследование усилительного каскада ОИ.

- 3.1. Снять амплитудные характеристики  $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$  двух значений сопротивлений  $R_1$  и  $R_3$  на входе каскада.
- 3.2. Снять частотные характеристики  $K = \varphi(f)$  при  $U_{\text{вх}} = \text{const}$  для двух значений сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$  на входе каскада.

#### 4. Задание №2. Исследование истокового повторителя или усилительного каскада ОС.

Снять амплитудную характеристику  $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$

#### 5. Порядок выполнения задания №1. Схема А1.

- 5.1. Снятие амплитудных характеристик каскада ОИ.
  - 5.1.1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.
  - 5.1.2. На одном из источников питания  $V_1$  или  $V_2$  выставить напряжение 15 В, повернув ручку ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.
  - 5.1.3. Подать питание на исследуемую схему: "+" - X7, "-" - X9.
  - 5.1.4. Выключить сетевой тумблер.
  - 5.1.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на вход каскада, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора двухлучевыми проводами соединить с выходными клеммами каскада: "~" - X1, "I" - X2 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2В.
  - 5.1.6. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора (фиксации). Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 4.
  - 5.1.7. Выход каскада соединить двухлучевыми проводами со вторым мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20 В и со входом осциллографа: X8 - "У", X6 - "I".
  - 5.1.8. Переключатель осциллографа ВОЛЬ/ДЕЛ поставить в положение 5, а ВРЕМЯ/ДЕЛ - в положение 1.
  - 5.1.9. Тумблер 5 поставить в левое положение, т.е. подключить сопротивление  $R_1$  (390 кОм).
  - 5.1.10. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.



5.1.11. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада от 0 до 2 В через каждые 0.2 – 0.3 В. Для каждого фиксированного значения входного значения измерить соответствующее входное напряжение каскада. Результаты измерений занести в таблицу 3А.1.

5.1.12. Одновременно ручками осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ добиться устойчивого изображения на экране. По ходу измерений следить за изменением осциллограммы. Зарисовать осциллограммы для двух значений входного сигнала: Среднего и максимального.

5.1.13. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до упора.

5.1.14. Тумблер S поставить на правое положение, т.е. подключить сопротивление R3 (110 кОм).

5.1.15. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада в тех же пределах и с теми же интервалами, что и в п.п. 5.1.11. Для тех же фиксированных значений входного напряжения измерить соответствующие значения выходного напряжения  $U_{вых2}$ . Результаты измерений занести в таблицу 3А.1.

5.1.16. По осциллографу проследить за изменением выходного напряжения. 5.1.17. По данным, полученным в результате измерений, рассчитать коэффициент усиления по напряжению  $K_{u1}$  и  $K_{u2}$  для каждого значения входного сопротивления. Сделать вывод о влиянии входного сопротивления на коэффициент усиления.

5.1.18. ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора. Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.

Таблица 3А.1.

Uвх, В	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Uвых1, В										
Uвых2, В										
$K_{u1}$										
$K_{u2}$										

5.2. Снятия частотной характеристики.

5.2.1. Тумблер S поставить в левое положение.

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

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

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

5.2.5. Измерить частоту входного сигнала и величину выходного напряжения для каждого положения переключателя. Одновременно наблюдать изменение частоты выходного сигнала на экране осциллографа. Результаты измерений занести в таблицу 3А.2.

5.2.6. Тумблер S поставить в правое положение.

5.2.7. Снять частотную характеристику при R3 аналогично п.п. 5.2.4. и 5.2.5., после чего отключить осциллограф нажатием кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ.

5.2.8. По данным, полученным в результате измерений, рассчитать коэффициенты усиления по напряжению  $K_{u1}$  и  $K_{u2}$  для каждого значения входного сопротивления R1 и R2; построить частотные характеристики каскада для обоих случаев.

5.2.9. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до фиксации, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1. Выключить стенд, нажав кнопку СЕТЬ и выключить сетевой тумблер.

$U_{вх} = \text{const}$

Таблица 3А.2.

Положение переключателя	1	2	3	4	5	6	7
$f$ , кГц							
Uвых1, В							
Uвых2, В							
$K_{u1}$							
$K_{u2}$							

## 6. Порядок выполнения задания №2. Схема А2.

Снятие амплитудной характеристики каскада ОС.

6.1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

6.2. На одном из источников питания выставить напряжение 15 В, повернув ручки ГРУБО и ПЛДАВНО по часовой стрелке до упора.

6.3. Подать питание на исследуемую схему: "+" - X6, "-" - X8.

6.4. Выключить сетевой тумблер.

6.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на вход каскада, одновременно измеряя его мультиметром. Для этого выход генератора соединить двухлучевыми проводами с входными клеммами каскада: "~" - X2, "I" - X3 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20 В.

6.6. Ручку АМПЛИТУДА генератора повернуть против часовой стрелки до упора (фиксации).

Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 4.

6.7. Выход каскада соединить с помощью двухлучевых проводов с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20 В и со входом осциллографа: X7 - "У", X8 - "I".

6.8. Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ поставить в положение 5, а ВРЕМЯ/ДЕЛ – в положение 1.

6.9. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажать кнопку СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.

6.10. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное положение в пределах, указанных в таблице 3А.3 Для каждого фиксированного значения входного напряжения измерить мультиметром соответствующее выходное напряжение каскада.

Результаты измерений занести в таблицу 3А.3.

Таблица 3А.3.

U <sub>вх</sub> , В	0	0.5	0.8	1	1.5	2	2.5
U <sub>вых</sub> , В							
K <sub>u</sub>							

6.11. Одновременно ручками осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ добиться устойчивого изображения выходного напряжения на экране. По ходу измерений следить за измерением осциллограммы. Зарисовать осциллограммы для двух значений входного сигнала: среднего и максимального.

6.12. По результатам измерений рассчитать коэффициент усиления по напряжению, занести его в таблицу и построить амплитудную характеристику каскада ОС.

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

6.14. Отключить стенд.

## 7. Содержание отчета.

7.1. Наименование лабораторной работы.

7.2. Цель работы.

7.3. Перечень приборов и оборудования.

7.4. Схемы усилительных каскадов А1, А2.

7.5. результаты исследований.

7.5.1. Таблицы 3А.1., 3А.2., 3А.3.

7.5.2. Характеристики:

- амплитудная  $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$  для каскадов ОИ и ОС;

- частотная  $K = \varphi(f)$   $U_{\text{вх}} = \text{const}$  каскада ОИ.

7.5.3. Расчеты.

Коэффициент усиления по напряжению  $K_u = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}$  для каскадов ОИ и ОС.

7.5.4. Осциллограммы выходных напряжений при среднем и максимальном значениях входного напряжения для каскадов ОИ и ОС.

7.6. Ответы на контрольные вопросы.

### 8. Контрольные вопросы.

- 8.1. Для чего служит сопротивление R3 в схеме с ОИ (A1)?
- 8.2. Сделать вывод о влиянии сопротивлений R1 и R3 на работу каскада ОИ.
- 8.3. Укажите основное назначение схемы с ОС.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

**Цель работы:** практическое ознакомление со схемами однотактного и двухтактного усилителей мощности.

#### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. Какие особенности имеет усилитель мощности?
- 1.2. В каком классе усиления работает однотактный усилитель мощности и в чем особенность этого класса?
- 1.3. Зависят ли нелинейные искажения от режима работы?

**Оборудование:** лабораторный стенд, блок №4, соединительные провода.

**3. Задание №1.** Исследование однотактного усилителя мощности с трансформаторным выходом.

3.1. Снять зависимость выходной мощности на нагрузке от входного напряжения  $P_n = f(U_{вх})$  при разных значениях нагрузки.

3.2. Снять зависимость мощности на нагрузке от сопротивления нагрузки  $P_n = f(R_n)$  при  $U_{вх} = \text{const}$ .

**4. Задание №2.** Исследование двухтактного усилителя мощности без трансформаторного выхода.

Снять зависимость выходной мощности на нагрузке от входного напряжения  $P_n = f(U_{вх})$ .

**5. Порядок выполнения задания №1. Схема А1.**

5.1. Снятие зависимости выходной мощности на нагрузке от входного напряжения  $P_n = f(U_{вх})$  для однотактного усилителя мощности.

5.1.1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

5.1.2. На одном из источников питания У1 или У2 выставить напряжение 15 В, повернув ручку ГРУБО ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.

5.1.3. Подать питание на исследуемую схему "+" - X9, "-" - X12.

5.1.4. Выключить сетевой тумблер.

5.1.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на вход усилителя, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора двухлучевыми проводами соединить с входными клеммами усилителя:

" ~ " - X3, " I " - X4 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2 В.

5.1.6. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора. Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 4.

5.1.7. Выходные клеммы усилителя соединить с помощью двухлучевых проводов со вторым мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2 В и со входом осциллографа: X10 - "у", X8 - "I".

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

5.1.9. Клеммы X6 и X5 соединить перемычкой, т.е. подключить нагрузку R4.

5.1.10. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.

5.1.11. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение усилителя в пределах от 0 до 1 В через каждые 0.1 – 0.2 В. Для каждого фиксированного значения

входного напряжения измерить соответствующее напряжение на нагрузке R4 – U<sub>н1</sub>. Результаты измерений занести в таблицу 4.1.

5.1.12. Ручками осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ добиться устойчивого изображения на экране выходного напряжения на нагрузке R4. В ходе измерений следить за изменением осциллограммы.

5.1.13. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора.

5.1.14. Соединить перемычкой клеммы X6 и X7 (X6 – X5 –разомкнуть) т.е. подключить на выход усилителя нагрузку R5.

5.1.15. С помощью ручки АМПЛИТУДА изменять входное напряжение в пределах от 0 до 1 В. Для тех же фиксированных значений входного напряжения, что и в п.п. 5.1.11 измерить соответствующие выходные напряжения на нагрузке R5 – U<sub>н2</sub>. результаты измерений занести в таблицу 4.1.

5.1.16. Одновременно следить по экрану осциллографа за изменением выходного напряжения на нагрузке R5.

5.1.17. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до упора.

5.1.18. По полученным результатам рассчитать входную мощность P<sub>вх</sub> выходные мощности, выделяемые на нагрузках R4 и R5 – P<sub>н2</sub> коэффициенты усиления по напряжению и по мощности для каждой нагрузки: K<sub>u1</sub>, K<sub>u2</sub>, K<sub>p1Ю</sub>, K<sub>p2</sub> занести в таблицу 4.1. и построить зависимости выходной мощности от входного напряжения P<sub>н1</sub> = f(U<sub>вх</sub>) и P<sub>н2</sub> = f(U<sub>вх</sub>) для каждой нагрузки. Сделать вывод о соотношении коэффициентов усиления по напряжению и по мощности.

Таблица 4.1.

U <sub>вх</sub> , В	0.2	0.4	0.6	0.8	1
P <sub>вх</sub> , Вт					
U <sub>н1</sub> , В					
U <sub>н2</sub> , В					
R <sub>н1</sub> , Вт					
R <sub>н2</sub> , Вт					
K <sub>u1</sub>					
K <sub>p1</sub>					
K <sub>u2</sub>					
K <sub>p2</sub>					

5.2. Снятие зависимости мощности на нагрузке от сопротивления нагрузки P<sub>н</sub> = f(R<sub>н</sub>) при U<sub>вх</sub> = const.

5.2.1. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, установить U<sub>вх</sub> = const = (0.5 : 1) В.

5.2.2. Поочередно соединяя перемычкой клемму X6 с клеммами X5, X7, X11, измерять мультиметром напряжения на нагрузках R4, R5, R6.

Рассчитав мощности на нагрузках, заполнить таблицу 4.2.

Таблица 4.2.

U <sub>н</sub>	
P <sub>н</sub>	
R <sub>н</sub>	

5.2.3. Переключатель ЧАСТОТА - ГРУБО поставить в положение 1.

Выключить стенд.

## 6. Порядок выполнения задания №2. Схема А2

Снятие зависимости выходной мощности на нагрузке от входного напряжения P<sub>н</sub> = f(U<sub>вх</sub>) двухтактного усилителя мощности без трансформаторного выхода.

6.1. Выключить стенд. Поставить сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

6.2. На одном из источников питания У1 или У2 выставить напряжение 15 В, повернув ручку ГРУБО. ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.

6.3. Подать питание на исследуемую схему "+" - X8, "-" - X10. Выключить сетевой тумблер.

- 6.4. С помощью потенциометра R8 произвести балансировку усилителя. Для этого подключить мультиметры, выставленные на измерение постоянного напряжения на пределе измерения 20 В к базам транзисторов, а именно: первый мультиметр – к клеммам X3 и X5, второй мультиметр – к клеммам X4 и X6.
- 6.5. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ.
- 6.6. Поворачивая ручку потенциометра R8, добиться одинаковых показателей мультиметром. В этом случае транзисторы будут работать одинаковым режиме. В дальнейшем не изменять положения ручки потенциометра R\*.
- 6.7. Выключить сетевой тумблер, мультиметры отключить.
- 6.8. Напряжение, предназначенное для усилителя, подать с выхода звукового генератора на вход усилителя, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора соединить двухлучевыми проводами с входными клеммами усилителя:  
"~" - X1, "I" - X2 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2 В.
- 6.9. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора. Переключить, ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 4.
- 6.10. Выход усилителя соединить с помощью двухлучевых проводов с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 2 В и со входом осциллографа:  
X9 - "У", X10 - "I".
- 6.11. Переключатель осциллографа ВОЛЬ/ДЕЛ поставить в положение 5, а ВРЕМЯ/ДЕЛ в положение 1.
- 6.12. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ нажав кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.
- 6.13. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение усилителя от 0 до 1.5 В через каждые 0.2 – 0.3 В. Для каждого фиксированного напряжения на входе измерить соответствующее напряжение на выходе усилителя. Результаты измерений занести в таблицу 4.3.
- 6.14. Одновременно ручки осциллографа РАЗВЕРТКА и СТАБ добиться устойчивого изображения на экране выходного напряжения. По ходу измерений следить за измерением осциллограммы. Поворачивая ручку потенциометра R8, проследить за изменением формы выходного сигнала при дисбалансе. Осциллограммы зарисовать.
- 6.15. По полученным результатам рассчитать входную и выходную мощности усилителя, коэффициенты усиления по напряжению и по мощности, а также построить зависимость выходной мощности на нагрузке от входного напряжения  $P_n = f(U_{вх})$ .
- 6.16. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до фиксации, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1. Отключить стенд.

Таблица 4.3.

U <sub>вх</sub> , В					
P <sub>вх</sub> , Вт					
U <sub>н</sub> , В					
P <sub>н</sub> , Вт					
K <sub>υ</sub>					
K <sub>р</sub>					

## 7. Содержание отчета.

- 7.1. Наименование лабораторной работы.
- 7.2. Цель работы.
- 7.3. Перечень приборов и оборудования.
- 7.4. Схемы усилительных каскадов А1, А2.
- 7.5. результаты исследований.
- 7.5.1. Таблицы 4.1., 4.2.
- 7.5.2. Расчеты.

- входная мощность  $P_{вх} = \frac{U^2_{вх}}{R_{вх}}$

Входное сопротивление схемы  $R_{вх}$  измеряется мультиметром;

- выходная мощность, выделяемая на нагрузке

$$\text{Выходная мощность } P_n = \frac{U_n^2}{R_n}$$

где  $R_{н1} = R_4 = 30 \text{ Ом}$ ;  $R_{н2} = R_5 = 22 \text{ Ом}$ ;  $R_{н3} = R_6 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_n (A2) = R_{10} = 30 \text{ Ом}$ .

- коэффициент усиления по напряжению:  $K_u = U_n / U_{вх}$  /

- коэффициент усиления по мощности:  $K_p = P_n / P_{вх}$

7.5.3. Характеристики:  $P_n = f(U_{вх})$  при двух значениях нагрузки в одних координатах и  $P_n = f(R_n)$  при  $U_{вх} = \text{const}$ , для схемы A1;  $P_{вх} = U_{вх} \cdot I_{вх}$  для схемы A2.

Осциллограммы выходного напряжения для сбалансированного и разбалансированного усилителя (A2).

7.6. Ответы на контрольные вопросы.

## 8. Контрольные вопросы.

8.1. За счет чего достигается значительное усиление по мощности при незначительном усилении по напряжению?

8.2. В чем особенность трансформаторной связи?

8.3. В чем особенность режима класса В?

8.4. Что произойдет, если один из транзисторов двухтактного усилителя выйдет из строя?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ

Цель работы: изучение усилителя медленно изменяющихся сигналов (УПТ), выполненного на интегральной микросхеме, и методом повышения его стабильности.

#### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. Каковы основные особенности УПТ?
- 1.2. Что такое дрейф нуля?
- 1.3. Что такое обратная связь в усилителях?

**2. Оборудование:** лабораторный стенд, блок № 5, соединительные провода.

#### 3.1. Задание № 1. Исследование неинвертирующего усилителя.

- 3.1. Изучить влияние входных сопротивлений на усилительные свойства операционного усилителя (ОУ).
- 3.2. Изучить влияние обратной связи на усилительные свойства ОУ.

#### 4. Задание № 2. Исследование инвертирующего усилителя.

- 4.1. Изучить влияние входных сопротивлений.
- 4.2. Изучить влияние обратной связи.

#### 5. Порядок выполнения задания № 1.

- 5.1. Изучение влияния входных сопротивлений на усилительные свойства неинвертирующего усилителя.
  - 5.1.1. Ручки ГРУБО и ПЛАВНО источников питания V1 и V2 повернуть по часовой стрелке до упора, установив, таким образом на каждом источнике напряжение питания 15 В.
  - 5.1.2. Соединить двухлучевым проводом "+" первого источника с "-" второго источника и с клеммами X7.
  - 5.1.3. Подать питание на схему, соединив "-" первого источника с клеммой X9, а "+" второго источника с клеммой X8.
  - 5.1.4. Произвести установку нуля операционного усилителя. Для этого необходимо:
    - к клеммам X10 и X11 (выход усилителя) подключить мультиметр на пределе измерения постоянного напряжения 20 В.
    - включить сетевой тумблер и нажать кнопку СЕТЬ на блоке питания;
    - переменным сопротивлением R8 выставить минимальное напряжение на выходе ОУ.После этого отключить мультиметр и выключить сетевой тумблер.
  - 5.1.5. Тумблер S1 поставить из исходного нижнего положения в верхнее.
  - 5.1.6. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора двухлучевыми проводами на вход усилителя: "~" - X4, "Г" - X3 и на мультиметр, выставленный на измерение переменного напряжения с пределом измерения 2 В.
  - 5.1.7. Выход усилителя двухлучевыми проводами соединить со входом осциллографа:

X10 - "У", X11 - "Г" и со вторым мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения с пределом измерения 20 В.

5.1.8. Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1 или 2.

Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ поставить в положение 5, ВРЕМЯ/ДЕЛ - в положение 1.

5.1.9. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, нажать кнопку ОСЦИЛЛОГРАФ.

5.1.10. С помощью ручки АМПЛИТУДА выставить входное положение  $U_{вх} = 1$  В.

5.1.11. С помощью ручек РАЗВЕРТКА и СТАБ осциллографа добиться устойчивого и удобного для наблюдения изображения выходного напряжения на экране.

5.1.12. последовательно подсоединяя выход звукового генератора "~" к клеммам X5 и X6, наблюдать изменение амплитуды выходного сигнала. Показания мультиметра на выходе усилителя занести в таблицу 5.1.

$U_{вх} = 1$  В.

Таблица 5.1.

Входы	X4	X5	X6
$U_{вых}, В$			
$K_u$			

5.1.13. По полученным результатам рассчитать коэффициент усиления по напряжению для каждого случая и сделать вывод о соотношении сопротивлений на входе и их влиянии на усилительные свойства ОУ.

5.2. Изучение влияния обратной связи на усилительные свойства ОУ.

5.2.1. Выход звукового генератора "~" подключить к клемме X4.

5.2.2. Ручкой АМПЛИТУДА на генераторе поддерживать неизменным входной сигнал  $U_{вх} = 1$  В.

5.2.3. Переключая тумблеры S2 и S3 из исходного положения в верхнее в различных комбинациях, измерить величину выходного сигнала для каждого случая. Одновременно наблюдать изменение сигнала на экране осциллографа. Результаты измерений занести в таблицу 5.2.

$U_{вх} = 1$  В

Таблица 5.2.

Положение переключателя	S2 нижн.	S2 верх.	S2 верх.
	S3 нижн.	S3 верх.	S3 верх.
$U_{вых}, В$			
$K_u$			

5.2.4. По полученным результатам рассчитать коэффициент усиления по напряжению и сделать вывод о влиянии параметров обратной связи на коэффициент усиления.

5.2.5. тумблеры S2 и S3 поставить в исходное положение. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до упора. Выключить стенд, нажав кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ, СЕТЬ и выключив сетевой тумблер.

## 6. Порядок выполнения задания № 2.

Исследование инвертирующего усилителя проводится в полном соответствии с п.п.5.1.5.- 5.2.5 за исключением того, что:

- тумблер S1 ставится в нижнее положение;
- напряжение со звукового генератора подается на клеммы: "~" - (X2), "Г" - X3.

**7. После проведения всех исследований проследить по осциллографу за изменением выходного сигнала при вращении ручки потенциометра R8 (в случае разбаланса).**

## 8. Содержание отчета.



8.1. Наименование лабораторной работы.

8.2. Цель работы.

8.3. Перечень приборов и оборудования.

8.4. Исследуемая схема.

8.5. Результаты исследований.

8.5.1. Таблицы 5.1., 5.2., (5.3., 5.4.)

8.5.2. Расчеты: коэффициент усиления по напряжению  $K_u = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}$ .

8.5.3. Выводы и объяснения по результатам измерений.

8.6. Ответы на контрольные вопросы.

## **9. Контрольные вопросы.**

9.1. Каковы особенности УПТ в интегральном исполнении?

9.2. Какой усилитель называется инвертирующим?

9.3. Как влияет обратная связь на коэффициент усиления?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 (БЛОК № 6)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСИВНЫХ СХЕМ \_ МУЛЬТИВИБРАТОРОМ, ОДНОВИБРАТОРОМ И БЛОКИНГ – ГЕНЕРАТОРА.

**Цель работы:** практическое ознакомление со схемами распространенных импульсивных устройств.

#### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. Что такое мультивибратор?
- 1.2. В чем отличие одновибратора от мультивибратора?
- 1.3. В чем особенность блокинг – генератора?

**Оборудование:** лабораторный стенд, блок № 6, соединительные провода.

#### Задание № 1. Исследование мультивибраторов.

- 3.1. Сравнить осциллограммы выходных сигналов мультивибратора на транзисторах.
- 3.2. Сравнить осциллограммы выходных сигналов мультивибратора на микросхеме.

#### 4. Задание № 2. Исследование одновибратора.

- 4.1. Сравнить периоды следования входного и выходного сигналов одновибратора на транзисторах.
- 4.2. Сравнить периоды следования входного и выходного сигналов одновибратора на микросхеме.

#### 5. Задание № 3. Исследование блокинг – генератора.

#### 6. Порядок выполнения задания № 1.

- 6.1. Исследование мультивибратора на транзисторах. Схема А1.
  - 6.1.1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.
  - 6.1.2. На одном из источников питания с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5 В, измерив его мультиметром, выставленным на измерение постоянного напряжения на пределе измерения 20 В.
  - 6.1.3. Подать напряжение 5 В с источника питания на клемма X1 X2, расположенные в нижней правой части мнемосхемы, согласно указанной полярности. Таким образом обеспечивается питание всех схем блока (А1 – А5).
  - 6.1.4. Поставить переключатели осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ в положение 1 В, Время/Дел – в положение 1мс..
  - 6.1.5. Вход осциллографа подключить к одному из выходов мультивибратора: "У" - X1, "Г" - X3.
  - 6.1.6. По осциллографу определить амплитуду и сглаженность импульсов. Зарисовать осциллограмму.
  - 6.1.7. Подключить осциллограф ко второму выходу мультивибратора переключив вход "У" осциллографа к клемме X2.

- 6.1.8. Убедиться, что амплитуда и скважность импульсов на обоих выходах одинаковы, а импульсы взаимно инверсны.
- 6.2. Исследование мультивибратора на микросхеме. Схема А3.
- 6.2.1. Вход "У" осциллографа подключить к клемме X1, а вход "Г" оставить в прежнем положении, т.е. на клемме X3(A1).
- 6.2.2. Поставить переключатели на осциллографе: ВОЛЬТ/ДЕЛ – в положение 0.5 В, ВРЕМЯ/ДЕЛ – в положение 50мкс.
- 6.2.3. По осциллографу определить амплитуду и скважность импульсов.  
Зарисовать осциллограмму.
- 6.2.4. Подключить осциллограф ко второму выходу мультивибратора, переключив вход "У" к клемме X2.
- 6.2.5. Убедиться, что амплитуда и скважность импульсов на обоих выходах одинаковы, а импульсы взаимно инверсны.

## **7. Порядок выполнения задания № 2.**

- 7.1. Исследование одновибратора на транзисторах. Схема А2.
- 7.1.1. Подать на вход осциллографа сигнал со звукового генератора. Для этого соединить выходные клеммы генератора с входными клеммами осциллографа:  
"~" - "У", "Г" - "Г".
- 7.1.2. Поставить ручки генератора: ЧАСТОТА ГРУБО - в положение 5. АМПЛИТУДА - по часовой стрелке до упора.
- 7.1.3. По осциллографу определить период синусоидального сигнала генератора.
- 7.1.4. Подать сигнал с генератора на вход одновибратора:  
"~" - X1, "Г" - X2(X3) I
- 7.1.5. К выходу одновибратора подключить осциллограф:  
"У" - X3, "Г" - X4.
- 7.1.6. По осциллографу определить период выходного сигнала. Убедиться, что период следования выходного сигнала соответствует периоду входного сигнала.
- 7.1.7. Убедиться, что при изменении положения ручек регулировки частоты звукового генератора происходит изменение периода входного, и соответственно выходного сигналов.
- 7.2. Исследование одновибратора на микросхеме. Схема А;
- Порядок выполнения задания полностью соответствует порядку исследования одновибратора на транзисторах.
- Примечание: при подключении осциллографа к выходу одновибратора на микросхеме клемму "Г" осциллографа соединить с клеммой X4 (X2) или с любой другой клеммой, соединенной с общей точкой схемы.

## **8. Порядок выполнения задания № 3.**

- 8.1. Подключить осциллограф к клеммам блокинг – генератора X1 и X3:  
"У" - X1, "Г" - X3. Зарисовать осциллограмму сигнала.
- 8.2. Переключить клемму осциллографа "У" с клеммы X1 на клемму X2.  
Зарисовать осциллограмму сигнала.
- 8.3. Сравнить осциллограммы и сделать вывод.

## **9. Содержание отчета.**

- 9.1. Наименование лабораторной работы.
- 9.2. Цель работы.
- 9.3. Перечень приборов и оборудования.
- 9.4. Исследуемые схемы (А1, А2, А3, А4, А5).
- 9.5. Результаты исследований: Осциллограммы с соответствующими параметрами и выводами.
- 9.6. Ответы на контрольные вопросы.

10. Контрольные вопросы.
- 10.1. Каковы особенности режима насыщения и отсечки транзистора?
- 10.2. Чем определяется длительность импульсов мультивибратора?
- 10.3. Чем определяется длительность импульсов на выходе одновибратора?
- 10.4. Объяснить преобразование пилообразного напряжения в импульсное в блокинг – генератор.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7**

### **Исследование логических интегральных схем**

**Цель работы:** практическое ознакомление с основными логическими элементами И-НЕ и основными типами триггеров (RS, Д, Т и JK), реализуемыми в одной микросхеме.

#### **1. Подготовка к работе.**

- 1.1. Что такое "операция логического умножения"?
- 1.2. Какое устройство называется триггером?
- 1.3. Какой вход называется входом R, входом S?

**2. Оборудование:** лабораторный стенд, блок № 7, соединительные провода.

**3. Задание № 1.** Изучить работу элемента И – НЕ.

**4. Задание № 2.** Изучить работу RS – триггера.

**5. Задание № 3.** Изучить работу Т – триггера.

**6. Задание № 4.** Изучить работу Д – триггера.

**7. Задание № 5.** Изучить работу JK – триггера.

#### **8. Описание блока.**

8.1. В верхней части блока расположены 4 ключа (два из которых управляются кнопками SB2 и SB3, а два других - переключателями SA1 и SA2) и один бездребезговый ключ, управляемой кнопкой SB1. Логические сигналы с выхода бездребезгового ключа подаются на вход синхронизации С; с выходов ключей, управляемых кнопками SB2 и SB3 - на выходы R и S; с выходов ключей, управляемых переключателями SA1 и SA2 - на выходы J и K.

Входы R, S, C реагируют на отрицательные перепады сигналов, поступающих с ключей, управляемых кнопками, т.е. логическая 1 подается на перечисленные входы при нажатии соответствующих кнопок.

Логическая 1 с выходов ключей, управляемых переключателями SA1 и SA2, подается на входы J и K непосредственным соединением.

Микросхема, исследуемая в работе, позволяет смоделировать и изучить работу основных видов триггеров.

Логической 1 соответствует выходное напряжение не менее 2.4 В, логическому 0 – выходное напряжение не более 0.4 В.

Наличие логической 1 на выходах определяется свечением соответствующих светодиодов.

Триггер установлен в нулевое состояние, когда  $Q = 0$ ,  $\bar{Q} = 1$ .

#### **9. Подготовка к выполнению заданий.**

9.1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

9.2. Выставить на одном из источников питания постоянное напряжение 5 Вв с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО. Напряжение замерить мультиметром, выставленным на измерение постоянного напряжения на пределе измерения 20 В.

9.3. Подать питание на блок (на исследуемые схемы): "+" - X14, "-" - X15.

9.4. Сетевой тумблер выключить.

**10. Порядок выполнения задания № 1.** Изучение работы основного логического элемента И-НЕ.

10.1. Входы логического элемента соединить с выходами ключей: X12 – X9, X13 – X10.

10.2. Поочередно переключая тумблерами SA1 и SA2, подавать различные комбинации логических сигналов на входы логического элемента по свечению светодиода УД6, заполнить таблицу 7.1. (таблицу состояний элемента И-НЕ).

Таблица 7.1.

X12	X13	X11
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

10.3. Сетевой тумблер выключить.

1.1. Порядок выполнения задания № 2. Изучение работы RS – триггера.

11.1. Информационные входы В и S соединить с выходами ключей: X3 – X2, X7 – X8.

11.2. После проверки схемы включить сетевой тумблер.

11.3. Нажатием кнопки SB2 и SB3 подавать логические сигналы на входы R и S согласно таблицы 7.2. наблюдая при этом за соответствующими светодиодами (VD2, VD3, VD7, VD8). Заполнить таблицу состояний 7.2.

11.4. Сделать вывод о свойствах RS – триггера.

11.5. выключить сетевой тумблер. Схему не разбирать.

Таблица 7.2.

R	S	Q	Q
1	0		
1	0		
0	1		
0	1		
1	0		

**12. Порядок выполнения задания № 3.** Изучение работы T – триггера (со счетным запуском).

12.1. Входы R и S оставить соединенными согласно п.п. 11.1.

12.2. T – триггер можно смоделировать, если входы J и K объединить и подать на них логическую 1, а вход C использовать как счетный вход T – триггера. Поэтому выход ключа, управляемого переключателем SA1 двойным проводом соединить со входами J и K: X9 - X4, X9 - X6, а переключатель SA1 поставить в нижнее положение, что соответствует подаче логической 1 на входы J и K.

12.3. Счетный вход T (вход синхронизации C) соединить с выходом бездребезгового ключа: X5 – X1.

12.4. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ.

12.5. Установить триггер в нулевое состояние, нажав кнопку B2 (подав сигнал на вход R).

12.6. Нажатием кнопки SB1 подавать логические сигналы на счетный вход T (C).

Проследив за состоянием выходов Q и  $\bar{Q}$ , заполнить таблицу состояний 7.3.

J = K = 1

Таблица 7.3.

T(C)	Q	Q
1		

1		
1		
1		

12.7. Убедиться, что триггер меняет свое состояние с приходом каждого импульса на счетный вход Т(С)

12.8. выключить сетевой тумблер. Схему не разбирать.

### 13. Порядок выполнения задания № 4. Изучение работы Д – триг-гера.

13.1. Д – триггер получается, если входы J и K объединить и использовать их в качестве информационного входа Д. Поэтому оставить собранную схему без изменений. Переключатель SA1 поставить в верхнее положение, что соответствует подаче логического 0 на вход Д (J + K).

13.2. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ.

13.3. Установить триггер в нулевое состояние, нажав кнопку SB2.

13.4. Подавая синхроимпульсы нажатием кнопки SB1 сначала при наличии логического 0 на входе Д, а затем одновременно с подачей логической 1 на вход Д (переключатель SA1 – в нижнем положении), заполнить таблицу состояний 7.4.

Таблица 7.4.

С	Д(J + K)	Q	$\bar{Q}$
1	0		
1	0		
1	1		
1	1		

13.5. Убедится, что состояние выхода Д – триггера определяется входом Д при наличии синхроимпульса на входе С.

13.6. Выключить сетевой тумблер.

### 14. Порядок выполнения задания № 5. Изучение работы JK – триг-гера.

14.1. Схему оставить без изменений за исключением того, что разделить входы J и K, т.е. выход ключа, управляемого переключателем SA1, соединить с входом J, а выход ключа, управляемого переключателем SA2 – с входом K. В целом должны быть произведены следующие произведения: X1 – X5, X2 – X3, X8 – X7, X9 – X4, X10 – X6.

14.2. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ.

14.3. Установить триггер в нулевое состояние, нажав кнопку SB2.

14.4. Переключая тумблеры SA1 и SA2, создать различные комбинации сигналов на информационных входах J и K. Для каждой комбинации проследить за изменениями состояний выходов триггера при подаче сигналов на вход синхронизации С согласно таблице 7.5. Перед каждой комбинацией устанавливать триггер в нулевое состояние. Заполнить таблицу и сделать вывод о работе JK – триг-гера.

Таблица 7.5.

J	K	С	Q	$\bar{Q}$
0	0	1		
		1		
		1		
1	0	1		
		1		
		1		
0	1	1		

		1		
		1		
1	1	1		
		1		
		1		

14.5. Выключить стенд, нажав кнопку СЕТЬ и выключив сетевой тумблер.

### 15. Содержание отчета.

15.1. Наименование лабораторной работы.

15.2. Цель работы.

15.3. Перечень приборов и оборудования.

15.4. Схема основного логического элемента И-НЕ (см.рис.7.1., 7.2., 7.3., 7.4.).

15.5. Результаты исследований. Таблицы состояний 7.1., 7.2., 7.3., 7.4., 7.5.

15.6. Ответы на контрольные вопросы.

### 16. Контрольные вопросы.

16.1. Пояснить работу RS – триггера, собранного на элементах И-НЕ (рис.7.1.).

16.2. Пояснить работу T – триггера, собранного элемента И-НЕ (рис.7.2).

16.3. Пояснить работу D – триггера, собранного элемента И-НЕ (рис.7.3.).

16.4. Пояснить работу J K – триггера, собранного элемента И-НЕ (рис.7.4.).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ И СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

**Цель работы:** Практическое ознакомление со схемами выпрямителей и фильтров, сравнительная оценка исследуемых схем.

#### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. Указать назначение выпрямителей.
- 1.2. Указать назначение сглаживающих фильтров.
- 1.3. Дать определение коэффициентов пульсации и сглаживания.
- 1.4. как включаются емкостной и индуктивный фильтр относительно нагрузки и почему?

**2. Оборудование:** лабораторный стенд, блок № 8, соединительные провода, токовый шунт.

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

- 3.1. Снять и построить внешнюю характеристику  $U_0 = f(I_0)$  однополупериодного выпрямителя; рассчитать коэффициенты пульсации  $q$  при разных значениях нагрузки; зарисовать осциллограммы напряжений на вторичной обмотке трансформатора и на выходе выпрямителя для одного из значений нагрузки; проследить за влиянием величины нагрузки на пульсации выпрямленного напряжения.
- 3.2. Произвести аналогичные вышеуказанным построения, расчеты, наблюдения, снять осциллограмму выпрямленного напряжения двухполупериодного выпрямителя, собранного по схеме с выводом средней точки.
- 3.3. Произвести перечисленные в п.п.3.1. построения, расчеты, наблюдения снять осциллограмму выпрямленного напряжения двухполупериодного выпрямителя, собранного по мостовой схеме.

**4. Задание № 2.** Исследование различных схем сглаживающих фильтров на примере одного из выпрямителей (задается преподавателем).

Снять и построить внешние характеристики  $U_0 = f(I_0)$  собранного по заданной схеме выпрямителя при подключении к его нагрузке всех видов сглаживающих фильтров: L – фильтр, C – фильтр, Г – образный и П – образный LC – фильтры, Г – образный и П – образный RC – фильтры; рассчитать коэффициенты пульсации  $q$  и сглаживания  $S$  для всех типов фильтров при разных нагрузках; зарисовать осциллограммы выпрямленных напряжений для одного из значений нагрузки.

#### 5. Порядок выполнения задания № 1.

- 5.1. Исследование однополупериодного выпрямителя.
  - 5.1.1. Собрать схему однополупериодного выпрямителя с нагрузкой R2 (без подсоединения к клеммам вторичной обмотки трансформатора) и измерительными приборами согласно рис.8.1.
  - 5.1.2. После проверки схемы преподавателем, соединить ее с клеммами вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24 В. Нажать кнопки СЕТЬ, ОСЦИЛЛОГРАФ.



5.1.3. Измерить постоянную составляющую выпрямленного тока с помощью мультиметра, выставленного на измерение постоянного тока (подключить к нему шунт с пределом измерения тока, указанным на фальшпанели).

5.1.4. 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 клеммам X21 и X22.

5.1.5. Аналогичные измерения провести при подсоединении нагрузочных сопротивлений R3 и R4. При этом сначала поставить перемычку для подсоединения последующего сопротивления, а затем убрать перемычку для подсоединения предыдущего сопротивления нагрузки. Результаты измерений занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1.

$R_H$	$I_0, \text{mA}$	$U_0, \text{B}$	$U \sim \text{B}$	$q$
R2				
R3				
R4				

5.1.6. 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 R3.

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

5.1.7. Подключить осциллограф к выходу выпрямителя: - "У" - X21, "Г" - X22.

Кнопку осциллографа " $\underline{\sim}$  -  $\sim$ " не нажимать, оставив ее в положении " $\sim$ " (при нажатии кнопки изображение на экране сместится вверх на величину постоянной составляющей выпрямленного напряжения). Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения, добившись с помощью ручек РАЗВЕРТКА, СТАБ, ВОЛЬТ/ДЕЛ, ВРЕМЯ/ДЕЛ устойчивого и удобного для наблюдения изображения на экране осциллографа.

5.1.8. Подключая нагрузочные сопротивления R2 и R4 способом, указанным в п.п.5.1.5., наблюдать по осциллографу влияние нагрузки на величину пульсации. Сделать вывод о соотношении нагрузочных сопротивлений.

5.1.9. Подключить осциллограф к клеммам вторичной обмотки трансформатора и зарисовать осциллограмму выпрямляемого напряжения притом же уровне усиления осциллографа и при нагрузочном сопротивлении R3.

Примечание: все последующие осциллограммы в работе снимать при неизменном уровне усиления осциллографа.

5.2. Исследование двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки.

5.2.1. Собрать схему двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки с нагрузкой R2 (без подсоединения к клеммам вторичной обмотки трансформатора) и измерительными приборами согласно рис.8.2.

5.2.2. После проверки схемы преподавателем, соединить ее 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.

5.2.3. Произвести измерения, расчеты, сделать выводы и зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения аналогично п.п. 5.1.3. – 5.1.8..

Результаты измерений занести в таблицу 8.2.

Таблица 8.2.

$R_H$	$I_0, \text{mA}$	$U_0, \text{B}$	$U \sim \text{B}$	$q$
-------	------------------	-----------------	-------------------	-----

R2				
R3				
R4				

5.3. Исследование двухполупериодного выпрямителя, собранного по мостовой схеме.

5.3.1. Собрать схему мостового выпрямителя с нагрузкой R2 (без подсоединения к клеммам вторичной обмотки трансформатора) и измерительными приборами согласно рис.8.3.

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

5.3.3. Произвести измерения, расчеты, сделать выводы и зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения аналогично п.п. 5.1.3. – 5.1.8..

Результаты измерений занести в таблицу 8.3.

Таблица 8.3.

R <sub>n</sub>	I <sub>0</sub> , мА	U <sub>0</sub> , В	U ~ В	q
R2				
R3				
R4				

5.3.4. Отключить стенд, Нажав кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ, СЕТЬ и выключить сетевой тумблер.

## 6. Порядок выполнения задания № 2.

6.1. Исследование различных схем сглаживающих фильтров.

6.1.1. Собрать схему указанного преподавателем выпрямителя (рис. 8.1., 8.2., 8.3.) с нагрузкой R2, дополнительно подсоединив к нагрузке один из возможных типов фильтров, изображенных на рис. 8.4. – 8.9.

6.1.2. После проверки схемы преподавателем, соединить ее с клеммами вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное питание. Нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ.

6.1.3. Измерить постоянную составляющую выпрямленного тока с помощью мультиметра, выставленного на измерение постоянного тока (подключить к нему шунт с пределом измерения тока, указанным на фальшпанели).

6.1.4. Измерить сначала постоянную составляющую выпрямленного напряжения U<sub>0</sub>, а затем – действующее значение переменной составляющей с помощью второго мультиметра, выставленного на измерение, соответственно, сначала – постоянного, затем – переменного напряжений и подключенного клеммам X21 и X22.

6.1.5. Аналогичные измерения провести при подсоединении фильтра к нагрузочным сопротивлениям R3 и R4. При этом сначала поставить перемычку для подсоединения последующего сопротивления, а затем убрать перемычку для подсоединения предыдущего сопротивления нагрузки. Результаты измерений занести в таблицу 8.4.

Таблица 8.3.

R <sub>n</sub>	I <sub>0</sub> , мА	U <sub>0</sub> , В	U ~ В	q <sub>1</sub>	S
R2					
R3					
R4					

6.1.6. По результатам измерений построить нагрузочную характеристику  $U_0 = f(I_0)$  и рассчитать коэффициент пульсации  $q_1$  и сглаживания S при разных нагрузках. Сделать

вывод о влиянии нагрузки на работу фильтра. Оставить переключку на нагрузочном сопротивлении R3.

Примечание: нагрузочные характеристики выпрямителя со всеми типами фильтров строить в одних координатах.

6.1.7. Вместо мультиметра к выходу выпрямителя подключить осциллограф:

"У" - X21, "Г" - X22. Кнопка осциллографа " $\approx$ " в положение " $\sim$ " (при нажатии кнопки изображения на экране сместится вверх на величину постоянной составляющей выпрямленного напряжения). Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения, добившись с помощью ручек РАЗВЕРТКА, СТАБ, ВОЛЬТ/ДЕЛ, ВРЕМЯ/ДЕЛ устойчивого и удобного для наблюдения изображения на экране осциллографа (можно оставить усиление осциллографа, установленное ранее при исследовании выпрямителя).

6.1.8. Подключая нагрузочные сопротивления R2 и R4 способом, указанным в п.п.6.1.5., наблюдать по осциллографу влияние нагрузки на работу фильтра.

6.1.9. Выключить сетевой тумблер.

6.1.10. Произвести измерения, расчеты, сделать выводы и зарисовать осциллограммы выпрямленного напряжения аналогично п.п. 6.1.3. – 6.1.8. при подключении остальных типов фильтров к нагрузке собранного выпрямителя.

Результаты измерений для каждого типа фильтра занести, соответственно в таблицы 8.5. – 8.9.

6.1.11. Выключить стенд, нажав кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ, СЕТЬ и выключив сетевой тумблер.

## 7. Содержание отчета.

7.1. Наименование лабораторной работы.

7.2. Цель лабораторной работы.

7.3. Перечень оборудования.

7.4. Схемы исследуемых выпрямителей и фильтров.

7.5. Результаты исследований:

7.5.1. Таблицы с результатами измерений 8.1. – 8.9.

7.5.2. Расчеты:

- коэффициент пульсации выпрямителей  $q$  и фильтров  $q_1$ :  $q(q_1) = \frac{\sqrt{2} U_{\sim}}{U_0}$

- коэффициент сглаживания фильтров  $S = \frac{q}{q_1}$ , где

$q$  – коэффициент пульсации на входе фильтра, т.е. того выпрямителя, на основе которого исследуется фильтр;

$q_1$  – коэффициент пульсации фильтра.

7.5.3. Нагрузочные характеристики  $U_0 = f(I_0)$  выпрямителей и фильтров на основе заданного выпрямителя.

7.5.4. Осциллограмма напряжения вторичной обмотки трансформатора и осциллограммы выпрямленных напряжений исследуемых выпрямителей без фильтров и с применением заданных типов фильтров.

7.5.5. Ответы на контрольные вопросы.

## 8. Контрольные вопросы.

8.1. Объясните вид осциллограммы выпрямленного напряжения однополупериодного выпрямителя.

8.2. Проведите сравнительную оценку схем двухполупериодных выпрямителей (с выводом средней точки и мостовой).

8.3. Как изменяется коэффициент сглаживания при увеличении числа звеньев фильтра?

8.4. Сделать вывод о влиянии нагрузки на величину пульсации и сглаживающие свойства фильтров.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 (БЛОК № 9)

### ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО ТИРИСТОРНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

**Цель работы:** практическое знакомство с двухполупериодным управляемым тиристорным выпрямителем.

#### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. Какие выпрямители называются управляемыми?
- 1.2. Назовите способы включения тиристора?

**2. Оборудование:** лабораторный стенд, блок № 9, соединительные провода, токовый шунт.

#### 3. Задание.

Снять регулировочную характеристику двухполупериодного управляемого тиристорного выпрямителя.

#### 4. Порядок выполнения задания.

- 4.1. Сетевой тумблер – в выключенном положении.
- 4.2. Подать переменное напряжение с выводом нулевой точки с гнезд стенда "20 - 0 - 20" на фазосдвигающую цепочку и с гнезд "24 - 0 - 24" на выпрямительную цепь управляемого выпрямителя согласно мнемосхемы.
- 4.3. Подключить измерительные приборы о пределах измерений, указанными на мнемосхеме.
- 4.4. Параллельно нагрузке R2 подключить осциллограф.
- 4.5. Ручку потенциометра R1 повернуть против часовой стрелки до упора, что будет соответствовать углу направления  $\alpha = 0^{\circ}$ .
- 4.6. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.
- 4.7. На экране осциллографа с помощью ручек РАЗВЕРТКА, СТАБ, ВОЛЬТ/ДЕЛ, ВРЕМЯ/ДЕЛ добиться устойчивого и удобного для наблюдения изображения синусоидального напряжения на нагрузке.
- 4.8. Прокалибровать длину полупериода синусоидального напряжения на 6 отрезков, каждый из которых соответствует  $30^{\circ}$   $K = \frac{L}{6}$ , где L – длина полупериода мм; K – длина части полупериода, соответствующая углу  $30^{\circ}$ , мм.
- 4.9. Все последующие измерения для данной схемы производить при неизменном уровне усиления и длительности сигнала на нагрузке.
- 4.10. Потенциометром R1 изменять угол управления в пределах, указанных в таблице 9.1. Через каждые  $30^{\circ}$  (K мм) записывать показания измерительных приборов. Данные занести в таблицу 9.1.

Таблица 9.1.

A, град.	$30^{\circ}$	$60^{\circ}$	$90^{\circ}$	$120^{\circ}$
$U_{0\alpha}$ , В				
$I_{0\alpha}$ , мА				

где  $I_0\alpha$  - постоянная составляющая выпрямленного тока;

$U_0\alpha$  - постоянная составляющая выпрямленного напряжения;

$\alpha$  - угол управления тиристорами.

4.11. Зарисовать осциллограммы выходного напряжения при  $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 90^\circ$ .

4.12. выключить стенд, нажав кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ, СЕТЬ и выключив сетевой тумблер.

4.13. По данным таблицы 9.1. построить регулировочную характеристику  $U_0\alpha = f(\alpha)$ .

### **5. Содержание отчета.**

5.1. Наименование лабораторной работы.

5.2. Цель лабораторной работы.

5.3. Перечень приборов и оборудования.

5.4. Схемы управляемого выпрямителя.

5.5. Результаты исследований:

5.5.1. Таблицы измерения № 9.1

5.5.2. Осциллограммы выходного напряжения при  $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 90^\circ$ .

5.5.3. Регулировочная характеристика  $U_0\alpha = f(\alpha)$ .

5.5.4. Ответы на контрольные вопросы.

### **6. Контрольные вопросы.**

6.1. Объясните принцип действия тиристора.

6.2. Что такое угол управления (отсечки)?

6.3. С помощью, каких элементов осуществляется управление моментом включения тиристора в схеме выпрямителя?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10 (БЛОК № 10)

### ИЗУЧЕНИЕ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА

**Цель работы** – практическое ознакомление с автономным инвертором тока.

#### 1. Подготовка к работе.

- 1.1. Укажите назначение инвертора.
- 1.2. В чем отличие автономного инвертора от инвертора, ведомого сетью?
- 1.3. В чем отличие инвертора напряжения от инвертора тока?

**2. Оборудование:** лабораторный стенд, блок № 10, соединительные провода, токовый шунт.

#### 3. Задание.

Снять осциллограмму напряжения на нагрузке и рассчитать КПД схемы. Снять внешнюю характеристику инвертора  $U_n = f(I_n)$ .

#### 4. Порядок выполнения задания.

- 4.1. Сетевой тумблер – в выключенном положении.
- 4.2. Подключить измерительные приборы на вход инвертора согласно мнемосхемы: мультиметр, выставленный на измерение постоянного напряжения – к клеммам X9 и X10, а мультиметр, выставленный на измерение постоянного тока – к клеммам X7 и X8.
- 4.3. Клеммы X16 и X21 на выходе инвертора соединить перемычкой.
- 4.4. Подать на схему напряжение питания: переменное напряжение 24 В (24 – 0) и переменное напряжение 40 В с отводом от средней точки (20 – 0 – 20) в соответствии с мнемосхемой.
- 4.5. После проверки схемы преподавателем включить сетевой тумблер.
- 4.6. Показание измерительных приборов  $I_0$  и  $U_0$  занести в таблицу 10.1.
- 4.7. Сетевой тумблер выключить.
- 4.8. Подключить измерительные приборы на выход инвертора: мультиметр, выставленный на измерение переменного напряжения к клеммам X17 и X22, а мультиметр, выставленный на измерение переменного тока к клеммам X16 и X21.
- 4.9. Клеммы X7 и X8 на входе инвертора соединить перемычкой.
- 4.10. После проверки схемы преподавателем включить сетевой тумблер.
- 4.11. Показания измерительных приборов  $I_{\sim}$  и  $U_{\sim}$  занести в таблицу 10.1.

Таблица 10.1.

$I_0, \text{мА}$	$U_0, \text{В}$	$I_{\sim}, \text{мА}$	$U_{\sim}, \text{В}$

- 4.12. По полученным данным определить КПД схемы.
- 4.13. Подключить осциллограф к нагрузке (X17, X22) и наблюдать форму переменного напряжения, включив осциллограф нажатием кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания. Осциллограмму зарисовать.
- 4.14. Снять внешнюю характеристику инвертора  $U_n = f(I_n)$ , измеряя  $U_n$  и  $I_n$  при поочередном подключении нагрузочных сопротивлений R2, R3, R4. Данные занести в таблицу 10.2.

Таблица 10.2.

	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
U <sub>н</sub>			
I <sub>н</sub>			

4.15. Выключить стенд.

### 5. Содержание отчета.

5.1. Наименование лабораторной работы.

5.2. Цель работы.

5.3. Перечень приборов и оборудования.

5.4. Схемы изучаемого инвертора.

5.5. Результаты исследований:

5.5.1. Таблицы 10.1.

5.5.2. Расчеты КПД:  $\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{I_{\sim} U_{\sim}}{I_0 U_0}$

5.5.3. Внешняя характеристика инвертора  $U_{\text{н}} = f(I_{\text{н}})$ .

5.5.4. Осциллограмма напряжения на нагрузке.

5.6. Ответы на контрольные вопросы.

### 6. Контрольные вопросы.

6.1. Чем определяется ток в цепи нагрузки инвертора?

6.2. Поясните работу исследуемой схемы.

