


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Докторикова
«15» _____ 2017 г.



ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика
и электротехника

Курск 2017

УДК 621.38

Составители: А.В. Филонович

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.Н. Алябьев*

Электроника: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электроника» для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Юго - Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Филонович Курск, 2017. 23с.: ил. 9, Библиогр.: с.23.

Описываются типовые свойства некоторых полупроводниковых приборов, как элементов электронных схем, и лабораторная установка для экспериментального исследования рассматриваемых приборов. Предлагаются программы исследования приборов и рекомендации к их выполнению.

Методические указания предназначены для очной и заочной форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.17

. Формат

60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,34. Уч.-изд.л. 1,21. Тираж 100 экз. Заказ. 2914.

Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕРМАНИЕОВОГО, КРЕМНИЕВОГО ДИОДА И СТАБИЛИТРОНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕРМАНИЕОВОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА

Цель работы – изучить принципы действия, а также методы экспериментального определения характеристик и параметров диода, стабилитрона

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка выполнена в виде настольного переносного стенда, верхняя панель которого показана на рисунке 2.1. На верхней панели стенда расположены органы управления и ряд приборов, на правой боковой стенке находится тумблер «сеть». Переключатель SA1 позволяет изменять вид прибора, подлежащего исследованию.

Переключатели SA2 и SA3 изменяют полярность источников питания во входной ($E_{вх}$) и выходной ($E_{вых}$) цепях исследуемых приборов. Потенциометры « $E_{вх}$ » и « $E_{вых}$ » позволяют изменять величины напряжений источников питания.

Щитовые приборы ПА1 и ПА2 предназначены для измерения тока во входных и выходных цепях полупроводниковых приборов, переключатели SA5 и SA6 позволяют менять диапазон измерения токов.

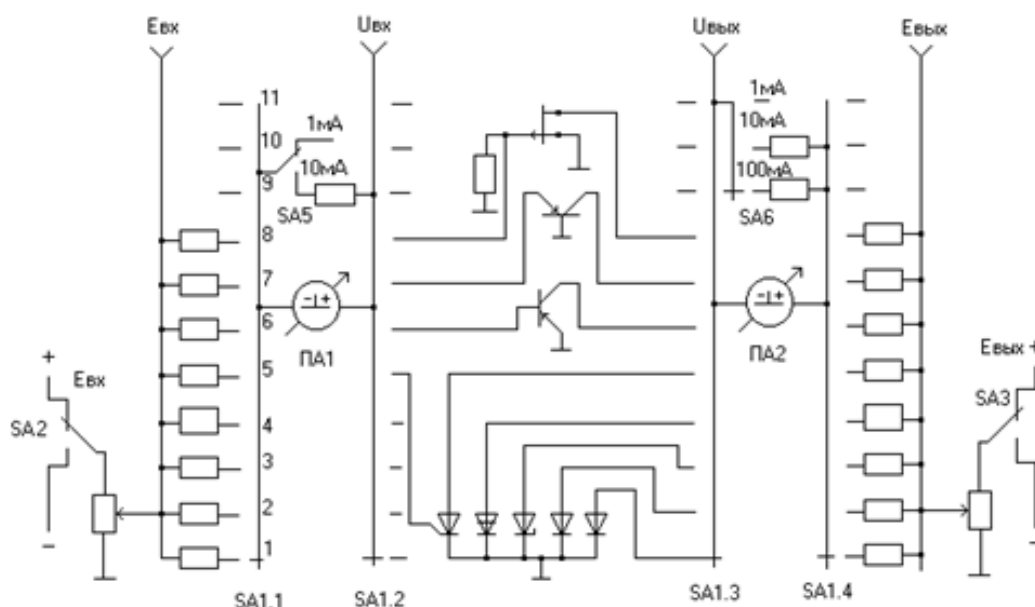
Щитовой прибор ПВ с переключателем его диапазона измерений SA4 предназначен для измерения различных напряжений. Для подключения прибора ПВ к требуемым точкам схемы служит его гнездо ПВ.

Вверху слева на панели установки расположены гнезда: $E_{вх}$, $U_{вх}$, $E_{вых}$, $U_{вых}$, позволяющие подключать измерительный прибор к источникам питания $E_{вх}$ и $E_{вых}$, либо к входной или выходной цепям исследуемого прибора.

Слева внизу на панели расположены три гнезда, соединенных с общей точкой источника питания.

Перед началом работы ручки регулировок " $E_{вх}$ " и " $E_{вых}$ " необходимо установить в крайнее левое положение.

Тумблер «СЕТЬ» необходимо установить в нижнее положение, после чего шнур питания можно включить в розетку сети переменного тока с номинальными параметрами (50Гц, 220В). Упрощенная принципиальная схема стенда, показывающая внутреннее устройство установки для исследования полупроводниковых приборов, показана на рис. 1.



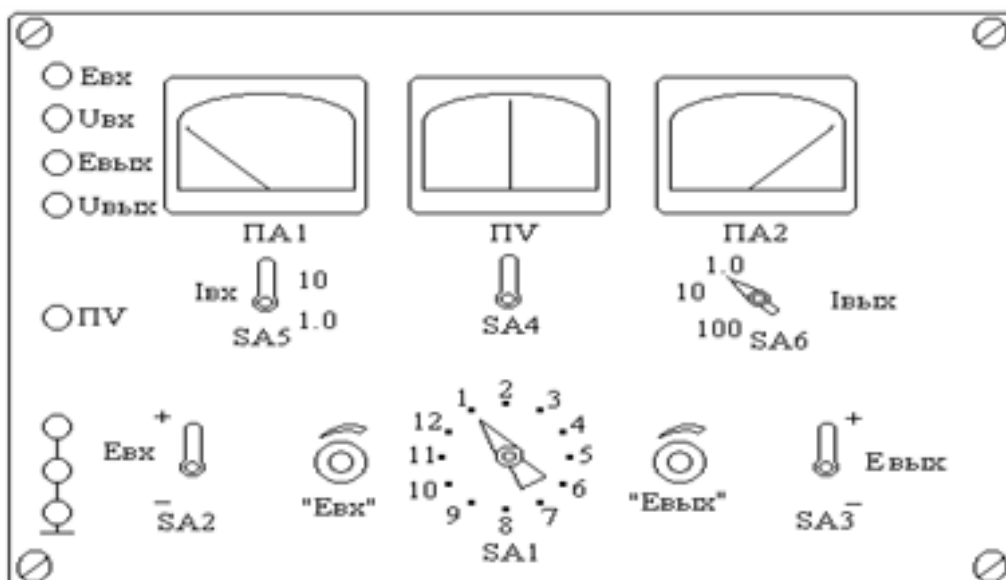


Рисунок 1 – Приближенная схема лабораторной установки

Экспериментальное определение данных для построения вольт-амперной характеристики германиевого диода.

Переключатель SA1 установить в положение «1».

Для определения данных прямой ветви характеристики выполнить следующие действия.

- 1) Подключить цифровой вольтметр, которым комплектуется установка, для измерения напряжения на диоде ($U_a = U_{\text{вых}}$) к соответствующим гнездам.
- 2) Поставить переключатель SA3 в положение «+E_{вых}», переключатель SA6 – в положение «1мА».
- 3) Плавно изменяя потенциометром «E_{вых}» значение напряжения источника питания, снять зависимость прямого тока диода по прибору ПА2 от величины прямого смещения: $I_a = f(U_a)$. В данном случае $U_a = U_{\text{вых}}$. В процессе измерения по необходимости переключатель SA6 переводить из положения «1мА» в положение «10мА» и «100мА».

Для определения данных обратной ветви характеристики выполнить следующие действия.

- 1) Ручку потенциометра "E_{вых}" вернуть в крайнее левое положение.
- 2) Переключатель SA3 поставить в положение " – E_{вых} ",
- 3) Переключатель SA6 перевести в положение «1мА»
- 4) Плавно изменяя потенциометром «E_{вых}» значение напряжения источника питания, построить таблицу зависимости обратного тока диода (измеряемого по прибору ПА2) от величины обратного смещения: $I_b = f(U_b)$. В данном случае $U_b = U_{\text{вых}}$.

3.1.2 Определение вольт-амперной характеристики и электрических параметров диода.

- 1) Построить графики прямой и обратной характеристик диода на основе данных, полученных в предыдущем пункте.
- 2) Определить графически приближенно прямое падение напряжения на диоде $E_{\text{пр}}$, сопротивление r_b , наклон $ctg\alpha$ и обратный ток I_{b0} согласно рис. 1.1.

Исследование кремниевого диода

3.2.1 Экспериментальное определение данных для построения вольт-амперной характеристики кремниевого диода.

Переключатель SA1 установить в положение «2».

Выполнить программу, изложенную п.3.1.1

3.2.3. Определение вольт-амперной характеристики и электрических параметров диода согласно методике, изложенной в п.3.1.2.

3.2.4. Сравнить ВАХ и параметры германиевого и кремниевого диодов.

Исследование полупроводникового стабилитрона

3.3.1 Экспериментальное определение данных для построения вольт-амперной характеристики стабилитрона.

Переключатель SA1 установите в положение «3».

Определите данные прямой ветви характеристики согласно методике, изложенной в п.3.1.1.

Определите данные обратной ветви характеристики согласно методике, изложенной в п.3.1.1. Снятие данных обратной ветви ВАХ, являющейся рабочей для стабилитрона, необходимо производить особенно тщательно, чтобы не пропустить характерных точек.

3.3.2 Определение вольт-амперной характеристики и электрических параметров стабилитрона.

Для прямой ветви падение напряжения $E_{пр}$ и сопротивление r_6 определяется по методике, изложенной в п.3.1.2. По обратной ветви ВАХ необходимо определить $U_{проб}$, $U_{ст\ min}$, $U_{ст\ max}$, $I_{ст\ min}$ и $I_{ст\ max}$ и дифференциальное сопротивление в пределах рабочего участка, используя выражение $r_{ст} = \frac{dU_{см}}{dI_{см}}$ при

$$I_{ст} = \frac{I_{ст\ min} + I_{ст\ max}}{2}.$$

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1) Краткое описание назначения, принципа действия и условно-графическое обозначение исследуемых приборов.
- 2) Вольт-амперные характеристики исследуемых приборов, полученные экспериментально.
- 3) Параметры исследуемых приборов, полученные экспериментальным путем.
- 4) Схема включения исследуемого прибора для снятия его ВАХ.
- 5) Краткие выводы по полученным результатам.

Вопросы для контроля

- 1) Физические процессы в р-п переходе при отсутствии и наличии источников смещения.
- 2) Проводимость примесных полупроводников.
- 3) Назначение, вольт-амперная характеристика и параметры выпрямительного диода.
- 4) Особенности высокочастотных и импульсных диодов по сравнению с выпрямительными.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНИСТОРА И УПРАВЛЯЕМОГО ТИРИСТОРА

Цель работы – изучить принципы действия, а также методы экспериментального определения характеристик и параметров динистора.

Экспериментальное определение данных для построения вольт-амперной характеристики динистора.

Переключатель SA1 установите в положение «4».

Снимите данные для построения ВАХ динистора, пользуясь схемой, изложенной в п.3.1.2.

Отличие данного исследования от исследования диода определяется нефункциональной характеристикой, изображенной на рисунке 1.3. При непрерывном (путем вращения ручки потенциометра «E_{вых}») увеличении напряжения от нуля до напряжения включения ($U_{вкл}$) динистора ток непрерывно монотонно и очень медленно растет с напряжением. В момент достижения $U_{вкл}$ ток растет скачком и одновременно скачком уменьшается напряжение на динисторе, потому что динистор подключен к источнику напряжения через резистор (см. рисунок 2.2). Если после скачка продолжать увеличение напряжения, то ток будет снова монотонно расти с напряжением. При уменьшении напряжения ток будет непрерывно уменьшаться до некоторого порогового значения $I_{уд}$ (тока удержания). В момент достижения $I_{уд}$ ток падает скачком и одновременно скачком увеличивается напряжение на динисторе.

При исследовании особое внимание следует уделить точному определению напряжения включения ($U_{вкл}$) и тока удержания ($I_{уд}$). Исследовать участок отрицательного наклона характеристики рассматриваемая схема не позволяет. При построении графика этот участок можно условно изобразить отрезком прямой.

Построение вольт-амперной характеристики и определение электрических параметров динистора.

Постройте графики прямой и обратной характеристик динистора на основе данных, полученных в предыдущем пункте.

По прямой ветви ВАХ определите согласно свойствам динистора, изложенным в п.1.3:

- 1) напряжение включения $U_{вкл}$;
- 2) ток включения $I_{вкл}$, при котором динистор включается;
- 3) ток удержания $I_{уд}$, при котором происходит закрытие динистора в результате уменьшения тока через него;
- 4) по обратной ветви, по возможности, определите величину обратного тока $I_{во}$

Исследование управляемого тиристора

Экспериментальное определение данных для построения вольт-амперной характеристики тиристора.

- 1) Переключатель SA1 установите в положение «5».
- 2) Переключатель SA2 установите в положение " + E_{вх} ".
- 3) Переключатель SA3 установите в положение " + E_{вых} ".
- 4) Переключатель SA5 установите в положение «1мА».
- 5) Переключатель SA6 установите в положение «1мА».
- 6) Потенциометром "E_{вх}" установите по прибору ПА1 ток управляющего электрода $I_{упр} = 0$. Плавно изменяя потенциометром "E_{вых}" значения напряжения, прикладываемого между анодом и катодом тиристора, убедиться, что он не открывается. Для данного значения тока управления максимальное напряжение источника не превышает напряжения включения ($E_{вых max} < U_{вкл}$).

7) Устанавливая $I_{упр}$ в пределах от 0,7 до 0,8 мА, постройте таблицу вольт-амперной характеристики для различных значений $I_{упр}$. Падение напряжения на тиристоре при этом измеряется цифровым вольтметром, подключенным к гнезду $U_{вых}$, а ток через тиристор измеряется прибором ПЛ2.

При фиксированном $I_{упр}$ исследование проводится по схеме исследования динистора.

3.5.2 Построение семейства вольт-амперных характеристик и определение электрических параметров тиристора.

По данным, снятым в п.3.5.1, постройте графики семейства вольт-амперных характеристик тиристора.

По вольт-амперным характеристикам

1) определите напряжение включения при различных токах управляющего электрода и постройте зависимость $U_{\text{вкл}} = f(I_{\text{упр}})$;

2) определите ток включения $I_{\text{вкл}}$ при различных токах управляющего электрода и постройте зависимость $I_{\text{вкл}} = f(I_{\text{упр}})$;

3) определите ток удержания $I_{\text{уд}}$ при различных токах управляющего электрода и постройте зависимость $I_{\text{уд}} = f(I_{\text{упр}})$.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1) Краткое описание назначения, принципа действия и условно-графическое обозначение исследуемых приборов.

2) Вольт-амперные характеристики исследуемых приборов, полученные экспериментально.

3) Параметры исследуемых приборов, полученные экспериментальным путем.

4) Схема включения исследуемого прибора для снятия его ВАХ.

5) Краткие выводы по полученным результатам.

Вопросы для контроля

1) Назначение, ВАХ и параметры полупроводникового стабилитрона.

2) Назначение, ВАХ и параметры динистора и управляемого тиристора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИССЛЕДОВАНИЕ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Цель работы – изучить принципы действия, а также методы экспериментального определения характеристик и параметров биполярных транзисторов.

Определение входных характеристик биполярного транзистора в схеме с ЭО

- 1) Переключатель SA1 установите в положение «6».
- 2) Переключатель SA2 установите в положение " $-E_{\text{BX}}$ ".
- 3) Переключатель SA3 установите в положение " $-E_{\text{ВЫХ}}$ ".
- 4) Переключатель SA5 установите в положение «1мА».
- 5) Переключатель SA6 установите в положение «1мА».
- 6) Подключите вольтметр к гнезду « $U_{\text{ВЫХ}}$ ». Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «коллектор-эмиттер» $U_{\text{К}} = 0$ (В).
- 7) Изменяя потенциометром " E_{BX} " ток базы $I_{\text{Б}}$ от 0 до 1 мА, постройте таблицу зависимости $I_{\text{Б}} = f(U_{\text{Б}})$ при выбранном напряжении «коллектор-эмиттер». Ток $I_{\text{Б}}$ определяется по показаниям ПА1, напряжение $U_{\text{Б}}$ измеряется цифровым вольтметром, подключенным к гнезду " U_{BX} ". В процессе построения таблицы напряжение $U_{\text{К}}$ контролируется и его постоянное значение ($U_{\text{К}} = 0$) подстраивается перед каждым измерением пары ($I_{\text{Б}}, U_{\text{Б}}$).
- 8) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «коллектор-эмиттер» $U_{\text{К}} = -5$ (В). Повторите построение таблицы зависимости $I_{\text{Б}} = f(U_{\text{Б}})$ при выбранном напряжении «коллектор-эмиттер».
- 9) По полученным таблицам постройте графики входных характеристик.

3.6.2. Определение выходных характеристик биполярного транзистора в схеме с ЭО

- 1) Сохраните все установки переключателей и способы подключения приборов, описанные в п.3.6.1.
- 2) Установите потенциометром " E_{BX} " фиксированное значение тока базы $I_{\text{Б}} = 0$ (мкА). Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " начальное значение напряжения «коллектор-эмиттер» $U_{\text{К}} = 0$ (В).
- 3) Изменяя потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " значение напряжения «коллектор-эмиттер» от 0 до 15 В, постройте таблицу зависимости $I_{\text{К}} = f(U_{\text{К}})$ при выбранном токе базы. Ток коллектора $I_{\text{К}}$ снимается по показаниям прибора ПА2. При необходимости изменения шкалы прибора изменяется положение переключателя SA6. В процессе построения таблицы ток базы $I_{\text{Б}}$ контролируется и его постоянное значение ($I_{\text{Б}} = 0$) подстраивается перед каждым измерением пары ($I_{\text{К}}, U_{\text{К}}$).
- 4) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение тока базы $I_{\text{Б}} = 40$ мкА. Повторите построение таблицы зависимости $I_{\text{К}} = f(U_{\text{К}})$ при выбранном токе базы.
- 5) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение тока базы $I_{\text{Б}} = 80$ мкА. Повторите построение таблицы зависимости $I_{\text{К}} = f(U_{\text{К}})$ при выбранном токе базы.
- 6) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение тока базы $I_{\text{Б}} = 120$ мкА. Повторите построение таблицы зависимости $I_{\text{К}} = f(U_{\text{К}})$ при выбранном токе базы.
- 7) По полученным таблицам постройте графики выходных характеристик.

Определение входных характеристик биполярного транзистора в схеме с ОБ

- 1) Переключатель SA1 установите в положение «7».
- 2) Переключатель SA2 установите в положение " $+E_{\text{BX}}$ ".
- 3) Переключатель SA3 установите в положение " $-E_{\text{ВЫХ}}$ ".
- 4) Переключатель SA5 установите в положение «1мА».
- 5) Переключатель SA6 установите в положение «1мА».
- 6) Подключите вольтметр для измерения напряжения «эмиттер-база» к гнезду « $U_{\text{ВХ}}$ ». Подключите вольтметр для измерения напряжения «коллектор-база» к гнезду « $U_{\text{ВЫХ}}$ ». Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «коллектор-база» $U_{\text{К}} = 0$ В. Установите потенциометром " E_{BX} " начальное значение напряжения «эмиттер-база» $U_{\text{Э}} = 0$ В.
- 7) Изменяя потенциометром " E_{BX} " напряжение «эмиттер-база» $U_{\text{Э}}$ от 0 до 0,25 В,

постройте таблицу зависимости $I_3 = f(U_3)$ при выбранном напряжении «коллектор-база». Ток I_3 определяется по показаниям ПА1. В процессе построения таблицы напряжение U_K контролируется и его постоянное значение ($U_K = 0$) подстраивается перед каждым измерением пары (I_3, U_3).

8) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «коллектор-база» $U_K = -5$ (В). Повторите построение таблицы зависимости $I_3 = f(U_3)$ при выбранном напряжении «коллектор-база».

9) По полученным таблицам постройте графики входных характеристик.

Определение выходных характеристик биполярного транзистора в схеме с ОБ

1) Сохраните все установки переключателей и способы подключения приборов, описанные в п.3.6.3.

2) Установите потенциометром " $E_{\text{ВХ}}$ " по показаниям прибора ПА1 фиксированное значение тока эмиттера $I_3 = 0$ В. Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " начальное значение напряжения «коллектор-база» $U_K = 0$ В.

3) Изменяя потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " значение напряжения «коллектор-база» от 0 до 15 В, постройте таблицу зависимости $I_K = f(U_K)$ при выбранном токе эмиттера. Ток коллектора I_K определяется по показаниям прибора ПА2. В процессе построения таблицы ток эмиттера контролируется и его постоянное значение ($I_3 = 0$) подстраивается перед каждым измерением пары (I_K, U_K).

4) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение тока эмиттера $I_3 = 4$ мА. Повторите построение таблицы зависимости $I_K = f(U_K)$ при выбранном токе эмиттера.

5) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение тока эмиттера $I_3 = 6$ мА. Повторите построение таблицы зависимости $I_K = f(U_K)$ при выбранном токе эмиттера.

6) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение тока эмиттера $I_3 = 8$ мА. Повторите построение таблицы зависимости $I_K = f(U_K)$ при выбранном токе эмиттера.

7) По полученным таблицам постройте графики выходных характеристик.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1) Краткое описание назначения, принципа действия и условно-графическое обозначение исследуемых приборов.
- 2) Вольт-амперные характеристики исследуемых приборов, полученные экспериментально.
- 3) Параметры исследуемых приборов, полученные экспериментальным путем.
- 4) Схема включения исследуемого прибора для снятия его ВАХ.
- 5) Краткие выводы по полученным результатам.

Вопросы для контроля

- 1) Назначение, принцип действия, характеристики и параметры биполярных транзисторов.
- 2) Назначение, принцип действия, характеристики и параметры полевых транзисторов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Исследование полевых транзисторов

Цель работы – изучить принципы действия, а также методы экспериментального определения характеристик и параметров полевых транзисторов.

Экспериментальное определение данных для построения стоко-затворных характеристик полевого транзистора

- 1) Переключатель SA1 установите в положение «8».
- 2) Переключатель SA2 установите в положение " $+E_{\text{ВХ}}$ ".
- 3) Переключатель SA3 установите в положение " $-E_{\text{ВЫХ}}$ ".
- 4) Переключатель SA6 установите в положение «1mA».
- 5) Подключите вольтметр для измерения напряжения «затвор-исток» к гнезду « $U_{\text{ВХ}}$ ».

Подключите вольтметр для измерения напряжения «сток-исток» к гнезду « $U_{\text{ВЫХ}}$ ».

6) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «сток-исток» $U_c = 0\text{В}$. Установите потенциометром " $E_{\text{ВХ}}$ " начальное значение напряжения «затвор-исток» $U_{\text{ЗИ}} = 0\text{В}$.

7) Изменяя потенциометром " $E_{\text{ВХ}}$ " напряжение «затвор-исток» $U_{\text{ЗИ}}$ от 0 до 5В, постройте таблицу зависимости $I_c = f(U_{\text{ЗИ}})$ при выбранном напряжении «сток-исток». Ток I_c определяется по показаниям ПА2. В процессе построения таблицы напряжение U_c контролируется и его постоянное значение подстраивается перед каждым измерением пары $(I_c, U_{\text{ЗИ}})$.

8) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «сток-исток» $U_c = -2$ (В). Повторите построение таблицы зависимости $I_c = f(U_{\text{ЗИ}})$ при выбранном напряжении «сток-исток».

9) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «сток-исток» $U_c = -5$ (В). Повторите построение таблицы зависимости $I_c = f(U_{\text{ЗИ}})$ при выбранном напряжении «сток-исток».

- 10) По полученным таблицам постройте графики стоко-затворных характеристик.

Экспериментальное определение данных для построения стоковых характеристик полевого транзистора

1) Сохраните все установки переключателей и способы подключения приборов, описанные в п.3.7.1.

2) Установите потенциометром " $E_{\text{ВХ}}$ " по показаниям вольтметра, подключенного к гнезду " $U_{\text{ВХ}}$ ", фиксированное значение напряжения «затвор-исток» $U_{\text{ЗИ}} = 0$. Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " начальное значение напряжения «сток-исток» $U_c = 0\text{В}$.

3) Изменяя потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " значение напряжения «сток-исток» от 0 до -10 В, постройте таблицу зависимости $I_c = f(U_c)$ при фиксированном напряжении «затвор-исток». Ток стока I_c определяется по показаниям прибора ПА2.

4) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «затвор-исток» $U_{\text{ЗИ}} = +1\text{В}$. Повторите построение таблицы зависимости $I_c = f(U_c)$ при выбранном напряжении «затвор-исток».

5) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «затвор-исток» $U_{\text{ЗИ}} = +2\text{В}$. Повторите построение таблицы зависимости $I_c = f(U_c)$ при выбранном напряжении «затвор-исток».

6) Установите потенциометром " $E_{\text{ВЫХ}}$ " фиксированное значение напряжения «затвор-исток» $U_{\text{ЗИ}} = +3\text{В}$. Повторите построение таблицы зависимости $I_c = f(U_c)$ при выбранном напряжении «затвор-исток».

- 7) По полученным таблицам постройте графики стоковых характеристик.

Определение электрических параметров полевого транзистора.

1) По характеристикам $I_c = f(U_{\text{ЗИ}})$ определите напряжение отсечки $U_{\text{ЗИ отс}}$, согласно рис.1.7,в.

- 2) Определите среднюю крутизну $S_{\text{ср}} = \frac{I_c(0)}{U_{\text{ЗИ отс}}}$ при $U_c = -2$ и при $U_c = -5\text{В}$.

- 3) Определите дифференциальную крутизну $S = \frac{dI_c}{dU_{зи}}$ при $U_{зи} = \frac{1}{2} U_{зи\text{отс}}$ и $U_c = -2В$
- 4) По характеристикам $I_c = f(U_c)$ определите внутреннее сопротивление $R_{cp} = \frac{U_c}{I_c}$ при $U_{зи} = 0$ и $U_c = -2В$.
- 5) Определите дифференциальное внутреннее сопротивление на участке насыщения $R_i = \frac{dU_c}{dI_c}$ при $U_{зи} = 1В, U_c = -2В$.

Содержание отчета

- 1) Краткое описание назначения, принципа действия и условно-графическое обозначение исследуемых приборов.
- 2) Вольт-амперные характеристики исследуемых приборов, полученные экспериментально.
- 3) Параметры исследуемых приборов, полученные экспериментальным путем.
- 4) Схема включения исследуемого прибора для снятия его ВАХ.
- 5) Краткие выводы по полученным результатам.

Вопросы для контроля

1. Дать определение полевому транзистору.
2. Назвать разновидности полевых транзисторов.
3. Изобразить условно-графическое изображение полевого транзистора.
4. Записать формулу для внутреннего сопротивления на участке насыщения.
5. Записать формулу для коэффициента усиления.
6. Назвать параметры полевых транзисторов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ИССЛЕДОВАНИЕ УПТ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Цель работы - изучение принципа действия и сравнения характеристик усилителей постоянного тока (УПТ), выполненных на дискретных элементах и в виде интегральных микросхем (ИМС).

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка выполнена в виде переносного стенда, в котором смонтированы усилитель постоянного тока, выполненный на транзисторах, и УПТ на ИМС в соответствии со схемами, представленными на рис.2. Общий вид панели показан на рис 2. В составе стенда имеется также блок питания.

На передней панели стенда расположены органы управления и приборы: тумблер «ВКЛ» и лампочка «СЕТЬ» для включения и контроля включения стенда, тумблер «S1» для подключения УПТ на транзисторах к источнику сигнала или корпусу; тумблер «S2» для подключения УПТ на ИМС к источнику сигнала или корпусу; тумблер «S3» для подключения второго каскада УПТ на транзисторах к выходу первого каскада или корпусу; тумблер «S4» для подключения цепи нагрузки к УПТ на транзисторах; тумблер «S5» для подключения цепи нагрузки к УПТ на ИМС; тумблер «S6» для подключения измерительного прибора к цепям питания УПТ; ручка регулятора «Uвх» для изменения уровня входного сигнала; ручки регуляторов «-Еп1» и «-Еп2» для изменения питающих напряжений; ручки питающих напряжений; ручки регуляторов «Rн1» и «Rн2» для изменения регулятора «Rн1» и «Rн2» для изменения сопротивления нагрузки УПТ на транзисторах и УПТ на ИМС соответственно; ручка регулятора «Rсв» для изменения сопротивления цепи связи между вторым и третьим каскадами; ручка регулятора «RG2» для согласования каскада с внутренним сопротивлением источника сигнала; ручки регуляторов «R1» и «R2» для изменения межэмиттерных связей первого и второго каскадов соответственно; вольтметр «PV» для измерения питающих напряжений – $E_{п1}$ – $E_{п2}$; контрольные гнезда с «1»–«15» и общие гнезда (корпусные). С помощью шнура питания стенд подключается к сети ~ тока 220 В.

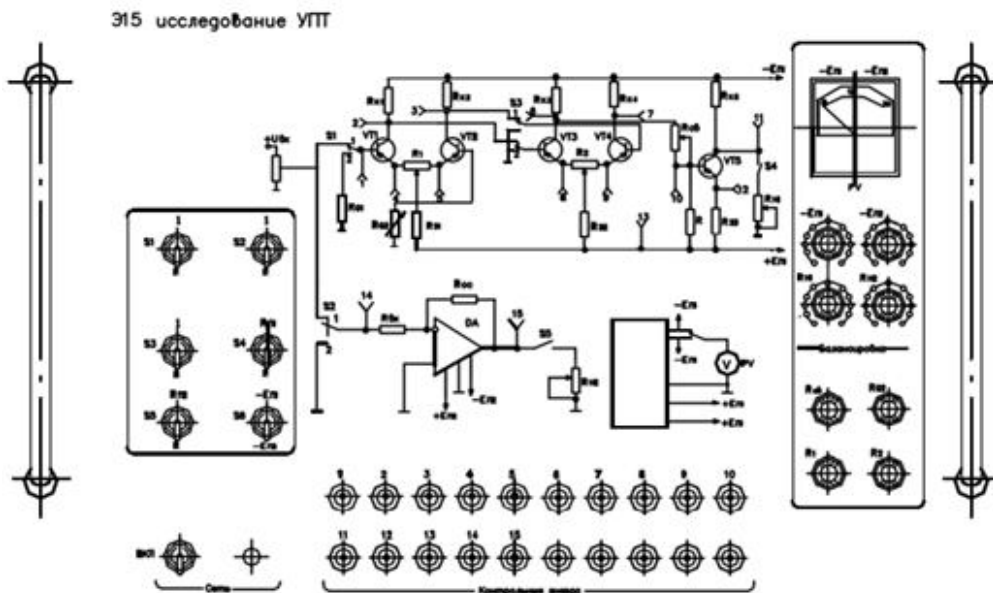


Рисунок 2

Исследование УПТ на транзисторах

Ознакомиться с принципом действия УПТ на транзисторах, для чего необходимо обратиться к п .1.1 данного описания.

Определить коэффициент усиления по напряжению.

Для выполнения этого пункта необходимо тумблер «S6» поставить в положение «-Еп1». Переключатели «S1» и «S3» установить в положение «1», переключатель «S4» в положение «Rн1», а «S2» в положение «2». Ручки регуляторов «Rсв», «RG2» и «Rн1» установить в крайнее правое, «R2» – в среднее, а ручку регулятора «Uвх» – в крайнее левое положение.

Тумблер «ВКЛ» установить в положение вверх, после чего ручкой регулятора «-Еп1» по

вольтметру «PV» установить напряжение $-12,8\text{В}$ и $+12,8\text{В}$ ручкой регулятора $+E_{п2}$. Ручкой регулятора «R1» произвести балансировку первого каскада усилителя, добиваясь минимального абсолютного значения показаний внешнего вольтметра, подключенного к гнездам «2» и «3». Затем ручкой регулятора «R2» сбалансировать второй каскад, добиваясь минимального значения показаний внешнего вольтметра, подключенного к гнездам «6» и «7».

С помощью ручки регулятора «R_{СВ}» и ручки «RG2» добиться практически нулевого потенциала на коллекторных выводах одного каскада по показаниям внешнего вольтметра, подключенного к гнездам «11» и «⊥».

Далее ручку регулятора «U_{ВХ}» установить в крайнее правое положение. Внешним вольтметром измерить величину входного напряжения на гнездах «1» и «⊥» и величину выходного напряжения на гнездах «11» и «⊥». По результатам измерений рассчитать коэффициент усиления по напряжению как $K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}$.

Определить режимы покоя всех трех каскадов УПТ.

Для этого необходимо переключатели «S1» и «S3» поставить в положение «2», а переключатель «S4» – в положение вниз.

Замерить потенциалы на коллекторах $U_{кп}$, эмиттерах U эпитаз $U_{б}$ относительно земли, для чего внешний вольтметр подключить к гнезду «⊥» и последовательно к гнездам «2», «3», «4», «5», «1» для транзисторов VT1 и VT2; к гнездам «6», «7», «8», «9» для VT3 и VT4 и к гнездам «11», «12» и «10» для VT5. Рассчитать для всех транзисторов токи покоя коллекторов по выражению $I_{кп} = (E_{к} - U_{кп}) / R_{к}$ при условии, что $R_{к1} = R_{к2} = 8,2\text{к}$; $R_{к3} = R_{к4} = 2,7\text{к}$ и $R_{к5} = 4,7\text{к}$.

Определить дрейф нуля.

Сбалансировать усилитель аналогично тому, как это делалось в п. 3.1.2. Затем произвести измерение выходного напряжения на гнездах «11» и «⊥» с помощью внешнего вольтметра при изменении напряжения $-E_{п1}$ в пределах от -10В до $-15,6\text{В}$. Изменять напряжение $-E_{п1}$ с помощью ручки регулятора $-E_{п1}$, контроль вести по встроенному вольтметру PV. Определить значение дрейфа, приведенного ко входу усилителя:

$$U_{DP} = \frac{U_{DP \text{ Вых}}}{K_U}$$

Снять и построить амплитудную характеристику усилителя.

Для выполнения этого пункта необходимо сбалансировать усилитель в соответствии с п. 3.1.2. Далее ручкой регулятора «U_{ВХ}» менять входное напряжение от нуля до максимально возможного. Для 6–7 точек снять зависимость $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$ с помощью внешнего вольтметра, подключаемого поочередно между гнездами «1» и «⊥» и «11» и «⊥».

Содержание отчета

- 1) Принципиальные схемы исследуемых усилителей постоянного тока.
- 2) Краткое описание исследуемых УПТ.
- 3) Расчет коэффициента усиления по напряжению.
- 4) Для УПТ на транзисторах данные о режиме покоя всех трех каскадов и расчет токов покоя коллекторов.
- 5) Данные о дрейфе нуля в зависимости от величины напряжения источника питания, сведенные в таблицу.
- 6) График амплитудных характеристик. Сравнительный анализ УПТ на ИМС соответствующими характеристиками УПТ на транзисторах.

Вопросы для контроля

1. Каковы основные особенности УПТ?
2. В чем состоит смысл использования трехшунтного питания, т.е. $+E_{п}$ – $E_{п}$?
3. Что понимается под дрейфом нуля?
4. Каковы особенности схемы параллельно-балансного каскада?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ИССЛЕДОВАНИЕ УПТ НА ИМС

Цель работы - изучение принципа действия и сравнения характеристик усилителей постоянного тока (УПТ), выполненных на дискретных элементах и в виде интегральных микросхем (ИМС).

Исследование УПТ на ИМС

Ознакомиться с принципом действия УПТ на ИМС, для чего необходимо обратиться к п.1.2 данного описания.

Определить коэффициент усиления по напряжению.

Для выполнения этого пункта необходимо тумблер «S6» поставить в положение «-En2», переключатель «S1» в положение «2», переключатель «S2» в положение «1», а «S5» в положение «RЧ2».

Ручки регуляторов «UBX» и «RЧ2» установить в крайнее правое положение.

Тумблер «ВКЛ» установить в положение вверх, после чего ручкой регулятора «-En2» по встроенному вольтметру «PV» установить напряжение -12,8В. Внешним вольтметром измерить величину входного напряжения на гнездах «14» и «⊥» и величину выходного напряжения на гнездах «15» и «⊥». По результатам измерений рассчитать коэффициент усиления по напряжению, как $K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}$

Определить дрейф нуля.

Исходное положение ручек переключателей аналогично п.3.2.2, кроме ручки регулятора «UBX», которую из крайнего правого положения перевести в крайнее левое. Затем произвести измерение выходного напряжения на гнездах «15» и «⊥» с помощью внешнего вольтметра при изменении напряжения «-En2» в пределах от -10В до -13,0В. Изменять напряжение «-En2» с помощью ручки регулятора «-En2», контроль вести по встроенному вольтметру PV, привести дрейф ко входу усилителя по выражению:

$$U_{DP} = \frac{U_{DP \text{ Вых}}}{K_U}$$

Снять и построить амплитудную характеристику усилителя.

Для выполнения этого пункта обеспечить исходное положение переключателей и ручек регуляторов в соответствии с п.3.2.2. Далее ручкой регулятора «UBX» менять входное напряжение от нуля до максимума возможного. Для 6-7 точек снять зависимость $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$ с помощью внешнего вольтметра, подключаемого поочередно между гнездами «14» и «⊥» и «15» и «⊥».

Провести сравнительный анализ данных, полученных для УПТ на ИМС с аналогичными данными для УПТ на транзисторах.

Содержание отчета

- 1) Принципиальные схемы исследуемых усилителей постоянного тока.
- 2) Краткое описание исследуемых УПТ.
- 3) Расчет коэффициента усиления по напряжению.
- 4) Для УПТ на транзисторах данные о режиме покоя всех трех каскадов и расчет токов покоя коллекторов.
- 5) Данные о дрейфе нуля в зависимости от величины напряжения источника питания, сведенные в таблицу.
- 6) График амплитудных характеристик.
- 7) Сравнительный анализ УПТ на ИМС соответствующими характеристиками УПТ на транзисторах.

Вопросы для контроля

5. В чем основное назначение общеэмиттерного сопротивления в параллельно-балансном каскаде УПТ?
6. Что понимается под термином «операционный усилитель»?
7. Каковы особенности построения УПТ в интегральном исполнении?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПАРАТОРА, НЕИНВЕРТИРУЮЩЕГО И ИНВЕРТИРУЮЩЕГО УСИЛИТЕЛЕЙ

Цель работы - изучить принцип действия ряда распространенных схем, построенных с использованием операционных усилителей (далее – ОУ) в интегральном исполнении, и экспериментально исследовать функционирование этих схем.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка выполнена в виде настольного переносного стенда, в котором смонтированы десять схем устройств на операционных усилителях. Переход от одного устройства к другому производится посредством закрепления на передней панели стенда сменной панели с изображением соответствующей принципиальной схемы. Помимо исследуемых в состав стенда входит ряд вспомогательных устройств: автоматического выбора полярности; формирователя временных интервалов; генератора; блока питания. Общий вид передней панели стенда показан на рис. 2.1.

На передней панели расположены органы управления и приборы, сгруппированные по зонам: тумблер “ВКЛ” и лампочка “Сеть” в зоне “Сеть” для включения и контроля включения стенда; вольтметр “ $U_{вх}$ ” с лампочками индикации полярности постоянного напряжения и переключателем “ИСТ.1”, “ИСТ.2” для подключения этого вольтметра к одному либо другому регулируемому источнику постоянного напряжения; в зоне “Источники” переключатели источников сигналов переменного и постоянного напряжений “ИСТ.1” и “ИСТ.2” и потенциометры для установки требуемого значения постоянного напряжения; вольтметр для измерения выходных постоянных напряжений с лампочками индикации полярности этих напряжений; цифровой индикатор времени в зоне “Секундомер”.

Вся остальная поверхность передней панели разделена на пронумерованные зоны, включающие переключатели и контрольные гнезда для конкретных исследуемых схем. Зона “1” включает гнезда “1”, “2”, “3” для присоединения внешних измерительных приборов, переключатель “ S_1 ” для изменения коэффициента передачи усилителей и переключатель выбора схемы при работе с компаратором, неинвертирующим и инвертирующим усилителями. Зона “2”, относящаяся к исследуемым мультивибраторам включает контрольные гнезда “1”, “2” и “3”, переключатель “ S_1 ” для выбора конденсатора времязадающей цепи, переключатель “ S_2 ” запуска ждущего мультивибратора. В зоне “3” расположены контрольные гнезда “1”, “2”, “3” и переключатель “ S_1 ” резистора обратной связи исследуемого сумматора. Зона “4” предназначена для работы с триггером Шмитта и содержит гнезда “1”, “2”, “3” и переключатель “ S_1 ” резистора обратной связи. В зоне “5” имеются контрольные гнезда “1”, “2”, переключатель “ S_1 ”, позволяющий использовать режим интегратора с различным временем интегрирования, генератора пилообразного напряжения или генератора треугольных импульсов, переключатель “ S_2 ” выбора интегрирующей емкости интегратора.

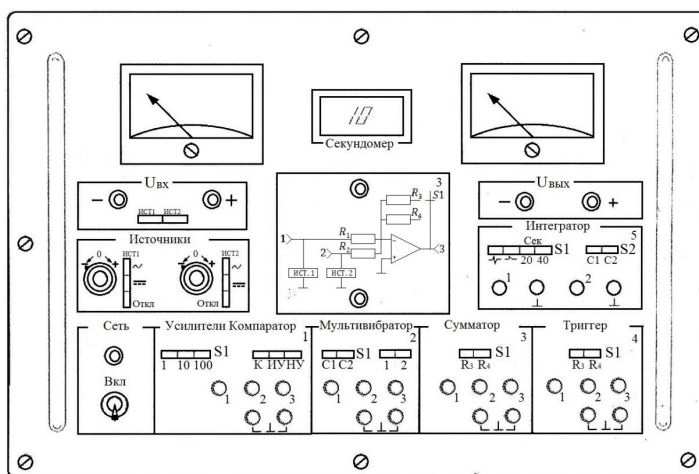


Рис. 2.1. Внешний вид панели стенда

В центре передней панели устанавливается съемная панель со схемой соответствующего устройства, подлежащего исследованиям. Необходимая коммутация при этом обеспечивается специальным блоком переключателей на передней панели стенда.

С помощью шнура питания стенд подключается к сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220 В.

Исследование компаратора

3.1.1. Ознакомиться с принципом действия компаратора на ОУ, для чего необходимо обратиться к п. 1.1 данного описания.

3.1.2. Снять и построить передаточную характеристику компаратора.

Для выполнения этого пункта в обесточенном состоянии необходимо установить на передней панели стенда сменную панель “1.1” и закрепить ее двумя невыпадающими винтами. Затем шнуром питания подключить стенд к сети переменного напряжения 220 В. Тумблер “ВКЛ” поставить в положение вверх, при этом загорится индикаторная лампочка “Сеть”. В зоне “1” (усилители, компаратор) на переключателе выбора схемы нажать клавишу “К”, тем самым обеспечив работу с компаратором. Далее в зоне “Источники” на переключателях вида напряжения “ИСТ.1” и “ИСТ.2” нажать средние клавиши, соответствующие постоянным напряжениям. В зоне вольтметра “ $U_{вх}$ ” нажать клавишу “ИСТ.1”, тем самым подключить входной вольтметр к инвертирующему входу ОУ, на который подается напряжение от “ИСТ.1”.

Далее снять передаточную характеристику $U_{вых} = f(U_{вх})$ компаратора. Для этого с помощью потенциометра “ИСТ.1” в зоне “Источники” установить значение $U_{вх1} = 0В$, значение контролировать вольтметром “ $U_{вх}$ ”. Затем нажатием клавиши “ИСТ.2” подключить входной вольтметр к источнику постоянного напряжения “ИСТ.2”. Затем, плавно изменяя потенциометром в зоне “Источники” значение $U_{вх2}$ от 0 до 3 В и от 0 до -3 В снять передаточную характеристику компаратора $U_{вых} = f(U_{вх})$, где $U_{вх} = U_{вх2} - U_{вх1}$. Обратить внимание на точное значение $\pm U_{гр}$, при котором происходит переключение компаратора. Выходное напряжение контролировать с помощью выходного вольтметра “ $U_{вых}$ ” (при необходимости надо использовать вольтметр с меньшей ценой деления).

Повторить снятие передаточной характеристики компаратора по произведенной методике при $U_{вх1} = \pm 1 В$ и $U_{вх1} = \pm 2 В$, т.е. еще четырежды.

3.1.3. Снять осциллограммы, иллюстрирующие работу компаратора.

Для этого необходимо в зоне “Источники” нажать верхнюю клавишу переключателя “ИСТ.2”, чем обеспечивается подача на инвертирующий вход переменного напряжения частотой 1000 Гц. Потенциометром от “ИСТ.1” подать на инвертирующий вход постоянное напряжение $U_{вх1} = 0 В$. Подключая поочередно осциллограф к гнездам “1”, “2”, “3”, снять осциллограммы $U_{вх1}$, $U_{вх2}$, $U_{вых}$. В отчете совместить $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$ на одном графике. Обратить внимание на временную согласованность всех трех зависимостей $U_{вх1}(t)$, $U_{вх2}(t)$, $U_{вых}(t)$.

Повторить снятие осциллограмм при $U_{вх1} = 0,5 В$ и $U_{вх1} = -0,5 В$.

Исследование неинвертирующего усилителя

3.2.1. Ознакомиться с принципом действия неинвертирующего усилителя на ОУ и ООС по напряжению для чего обратиться к п. 1.2. описания.

3.2.2. Снять и построить передаточные характеристики неинвертирующего усилителя $U_{вых} = f(U_{вх})$.

Для выполнения указанного пункта необходимо установить на передней панели сменную панель “1.2” и закрепить ее винтами. В зоне “1” на переключателе выбора схемы нажать клавишу “НУ”, затем в зоне “Источники” на переключателе “ИСТ.1” нажать клавишу “ОТКЛ”, а на “ИСТ.2” среднюю клавишу, соответствующую постоянному напряжению, входной вольтметр подключить к неинвертирующему входу усилителя посредством нажатия клавиши вольтметра “ИСТ.2”, на “S1” нажать клавишу “1”, после чего стенд включить в сеть.

Для снятия передаточной характеристики входное напряжение $U_{вх2}$ изменять потенциометром источника сигнала “ИСТ.2” в пределах от -3 до +3 В, контролируя его входным

вольтметром " $U_{\text{вх}}$ " и лампочками индикации знака напряжения. Выходное напряжение контролировать выходным вольтметром " $U_{\text{вых}}$ " и соответствующими лампочками индикации.

Характеристики снимать для трех значений сопротивления обратной связи, которые изменяются посредством нажатия клавиши "1", "10" или "100" переключателя "S1" в зоне "1".

3.2.3. Определить коэффициент усиления неинвертирующего усилителя.

Для выполнения этого задания необходимо выделить линейные участки передаточных характеристик, полученных в п. 3.2.2., и взять отношение $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}} = K_{U \text{ ОС}}$ для 2 или 3 значений $U_{\text{вх}}$ разной полярности. Среднее значение принимается за коэффициент усиления усилителя. Расчеты производить для каждого из трех значений сопротивлений обратной связи.

Исследование инвертирующего усилителя

3.3.1. Ознакомиться с принципом действия инвертирующего усилителя на ОУ с параллельной отрицательной обратной связью (ООС) по напряжению для чего обратиться к п. 1.3. данного описания.

3.3.2. Снять и построить передаточные характеристики $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$.

Для выполнения этого пункта необходимо установить сменную панель "1.3" и закрепить ее. В зоне "1" на переключателе выбора схемы нажать клавишу "ИУ", в зоне "Источники" на переключателях "ИСТ.1" нажать среднюю клавишу, а на "ИСТ.2" клавишу "ОТКЛ.", входной вольтметр подключить к инвертирующему входу усилителя посредством нажатия клавиши вольтметра "ИСТ.1", после чего стенд включить в сеть.

Входное напряжение $U_{\text{вх1}}$ изменять соответствующим потенциометром источника сигнала "ИСТ.1" в пределах от -3 до +3 В. Все остальное выполняется аналогично п. 3.2.2.

3.3.3. Определить коэффициент усиления инвертирующего усилителя.

Пункт выполняется по методике п. 3.2.3, но для характеристик, снятых по п. 3.3.2.

Содержание отчета

1. Принципиальные схемы исследуемых устройств.
2. Осциллограммы, иллюстрирующие работу исследуемых устройств.
3. Сравнительный анализ работы устройств в зависимости от величин времязадающих сопротивлений и емкостей, значений сопротивлений в цепях обратных связей с последующим выводом о результатах этого анализа.
4. Передаточные характеристики устройств.
5. Экспериментальные и расчетные данные по коэффициентам усиления и передачи и временным параметрам в соответствии с заданиями.

Вопросы для контроля

- 1) Какое устройство называется компаратором.
- 2) Что собой представляет передаточная характеристика компаратора на ОУ.
- 3) Какой тип ОС используется при создании не инвертирующего усилителя на ОУ.
- 4) Какой тип ОС используется в инвертирующем усилителе, выполненном на ОУ.
- 5) Чем определяются коэффициенты усиления инвертирующего и неинвертирующего усилителей, выполненных на ОУ с обратными связями.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕРТИРУЮЩЕГО СУММАТОРА И ТРИГГЕРА ШМИТТА

Цель работы - изучить принцип действия ряда распространенных схем, построенных с использованием операционных усилителей (далее – ОУ) в интегральном исполнении, и экспериментально исследовать функционирование этих схем.

Исследование инвертирующего сумматора

Ознакомиться с принципом действия инвертирующего сумматора на ОУ для чего обратиться к п. 1.4 описания.

Определить коэффициенты передачи сумматора.

Для выполнения этого пункта необходимо установить на передней панели стенда сменную панель “3” и закрепить ее винтами. В зоне “Источники” нажать средние клавиши переключателей “ИСТ.1” и “ИСТ.2”, в зоне “3” нажать клавишу “R₃” переключателя “S1”, после чего включить стенд в сеть.

При условии равенства R₁ и R₂ (см. рис. 1.5) коэффициенты передачи сумматора будут одинаковы по обоим входам, поэтому достаточно по одному входу подать напряжение, скажем, U_{вх1} ≠ 0, а по другому U_{вх2} = 0. Измерив U_{вых}, определяем коэффициент передачи, как K_U = -U_{вых}/U_{вх1}.

Для реализации сказанного необходимо потенциометром “ИСТ.2” установить U_{вх2} = 0, контроль произвести с помощью входного вольтметра при нажатии клавиши вольтметра “ИСТ.2”. Затем подключить вольтметр к первому входу нажатием клавиши “ИСТ.1” и, изменяя U_{вх1} от -3 до +3 В для 2-х, 3-х точек, определить K_U, замерив выходным вольтметром U_{вых}. Полярность входного и выходного напряжений контролируется с помощью соответствующих индикаторных светодиодов. По результатам замеров определить среднее значение коэффициента передачи.

Повторить определение коэффициента передачи по указанной методике для второго значения сопротивления обратной связи, для чего в зоне “3” нажать предварительно клавишу “R₄” переключателя “S1”, при этом изменять U_{вх1} от -0,5 В до +0,5 В.

Снять статическую характеристику сумматора.

Под статической характеристикой будем понимать зависимость U_{вых} = -K_U · ∑_{i=1}² U_{вх i}. Зависимость снимается посредством подачи с помощью потенциометров “ИСТ.1” и “ИСТ.2” в зоне “Источники” одинаковых напряжений в диапазоне от -3 В до +3 В на входы сумматора. Входные напряжения контролируются входным вольтметром, а выходное напряжение соответственно выходным вольтметром.

Характеристики снимаются сначала с сопротивлением R₃ в цепи обратной связи, а затем R₄. Коммутация сопротивлений осуществляется нажатием соответствующей клавиши переключателя “S1” в зоне “3”. При использовании в качестве R_{ос} сопротивления R₄ изменения U_{вх1}, U_{вх2} ограничить диапазоном от -0,5 до +0,5 В.

Сравнить коэффициенты передачи сумматора, полученные из статических характеристик, со средними значениями коэффициентов передачи, полученными по п. 3.4.2.

Исследование триггера Шмитта

Ознакомиться с принципом действия триггера Шмитта по п. 1.5 данного описания и рекомендованной литературе.

Снять передаточную характеристику компаратора.

Под передаточной характеристикой понимается зависимость U_{вых} = f(U_{вх1}) при U_{вх2} = const (см. рис. 1.6, б). Для ее снятия необходимо на передней панели стенда установить сменную панель “4” и закрепить ее винтами, после чего включить стенд в сеть. В зоне “4” нажать клавишу “R₃” переключателя “S1”. В зоне “Источники” нажать средние клавиши переключателя “ИСТ.1” и “ИСТ.2”, нажать клавишу “ИСТ.2” входного вольтметра и соответствующим потенциометром установить U_{вх2} = 0. Далее нажать клавишу “ИСТ.1” входного вольтметра и соответствующим потенциометром изменять U_{вх1} в диапазоне от -3 В до +3 В. При этом значение выходного напряжения и его знак определять по выходному вольтметру и соответствующим индикаторным

лампочкам. По результатам измерений построить передаточную характеристику, определить $U_{\text{ср}}$, $U_{\text{отп}}$ и ширину гистерезиса $U_{\text{ср}} - U_{\text{отп}}$. Аналогичные характеристики и параметры снять при $U_{\text{вх2}} = \pm 2 \text{ В}$.

Повторить исследования по программе п. 3.5.2 для сопротивления в цепи обратной связи равным R_4 для чего предварительно нажать клавишу “ R_4 ” переключателя в зоне “4”.

3.5.3. Определить расчетным путем значения напряжений срабатывания $U_{\text{ср}}$ и отпускания $U_{\text{отп}}$ по выражениям в п. 1.5 для $U_{\text{вх2}} = 0, -2, +2 \text{ В}$ и $U_{\text{вых т}} = 13 \text{ В}$ при условии, что $R_2 = 24 \text{ кОм}$, $R_3 = 330 \text{ кОм}$, $R_4 = 100 \text{ кОм}$. Полученные расчетным путем результаты сравнить с данными соответствующих передаточных характеристик.

Содержание отчета

1. Принципиальные схемы исследуемых устройств.
2. Осциллограммы, иллюстрирующие работу исследуемых устройств.
3. Сравнительный анализ работы устройств в зависимости от величин времязадающих сопротивлений и емкостей, значений сопротивлений в цепях обратных связей с последующим выводом о результатах этого анализа.
4. Передаточные характеристики устройств.
5. Экспериментальные и расчетные данные по коэффициентам усиления и передачи и временным параметрам в соответствии с заданиями.

Вопросы для контроля

- 1) В чем проявляется изменение сопротивления ОС в инвертирующем сумматоре.
- 2) В чем принципиальное отличие триггера Шмитта от компаратора на ОУ.
- 3) Что понимается под напряжением срабатывания и отпускания триггера Шмитта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОГЕНЕРАТОРНОГО И ЖДУЩЕГО МУЛЬТИВИБРАТОРОВ

Цель работы - изучить принцип действия ряда распространенных схем, построенных с использованием операционных усилителей (далее – ОУ) в интегральном исполнении, и экспериментально исследовать функционирование этих схем.

Исследование автогенераторного мультивибратора

Ознакомиться с принципом действия автогенераторного мультивибратора на ОУ по п.1.6. описания и рекомендованной литературе.

Снять осциллограммы, иллюстрирующие работу автогенераторного мультивибратора.

Для выполнения этого задания установить на лицевой панели стенда сменную панель “2.2”, нажать клавишу “С1” переключателя “S1” в зоне “2”, после чего включить стенд в сеть.

Поочередно подключая осциллограф к гнездам “1”, “2” и “3” зоны “2”, снять осциллограммы U_{C1} , U_{OC} , $U_{ВЫХ}$. В отчете совместить осциллограммы U_{C1} и U_{OC} , на одном графике, как это показано на рис. 1.8. Осциллограммы должны быть согласованными во времени. Повторить снятие осциллограмм при значении времязадающей емкости равном $C2$, для чего предварительно нажать клавишу “С2” переключателя “S1” в зоне “2”.

Определить длительность периода повторения, длительность импульса и паузы для обоих случаев по снятым осциллограммам.

Исследование ждущего мультивибратора

Ознакомиться с принципом действия ждущего мультивибратора по п. 1.7 описания.

Снять осциллограммы, иллюстрирующие работу ждущего мультивибратора.

Для выполнения этого пункта установить сменную панель “2.1” и закрепить ее винтами. Нажать в зоне “2” клавишу “С1” переключателя “S1” и клавишу “1” переключателя “S2”, подающую запускаящие импульсы от генератора частотой 1000 Гц, после чего включить стенд в сеть.

Поочередно подключая осциллограф к гнездам “1”, “2” и “3” зоны “2”, снять осциллограммы U_C , U_{OC} , $U_{ВЫХ}$. В отчете осциллограммы U_C и U_{OC} совместить на одном графике, обратить внимание на временное согласование всех осциллограмм, как это показано на рис. 1.10. Определить длительность генерируемого импульса и периода запускающих импульсов.

Повторить исследования по рассмотренной программе для значения времязадающей емкости, равном $C2$, для чего предварительно нажать клавишу “С2” переключателя “S1” зоны “2”.

Содержание отчета

1. Принципиальные схемы исследуемых устройств.
2. Осциллограммы, иллюстрирующие работу исследуемых устройств.
3. Сравнительный анализ работы устройств в зависимости от величин времязадающих сопротивлений и емкостей, значений сопротивлений в цепях обратных связей с последующим выводом о результатах этого анализа.
4. Передаточные характеристики устройств.
5. Экспериментальные и расчетные данные по коэффициентам усиления и передачи и временным параметрам в соответствии с заданиями.

Вопросы для контроля

- 1) От каких элементов схемы зависит длительность и частота импульсов, генерируемых автоколебательным мультивибратором.
- 2) Чем определяется наличие режима покоя в рассматриваемом ждущем мультивибраторе.
- 3) Как сказывается на крутизне характеристики интегратора изменение емкости

конденсатора в цепи обратной связи.

4) За счет чего обеспечивается генераторный режим в схеме пилообразного напряжения, выполненного на основе интегратора.

5) За счет чего обеспечивается режим генерирования треугольных импульсов в генераторе на основе интегратора.

Библиографический список

1. Информационно-измерительная техника [Текст]: учебник / Г.Г. Раннев [и др]; под ред. Г. Г. Раннева - М.: Издательский центр «Академия», 2007.-512 с. ил.
2. Промышленная электроника [Текст]: учебник/ Ю.С. Забродин . – 2-е изд. стер. – М.: Альянс, 2008. – 496с.
3. Интегральные операционные усилители [Текст]: Справочное пособие по применению / Б.К. Нестеренко– М.: Энергоиздат, 1982. – 128 с., ил.
4. Искусство схемотехники [Текст]: П. Хоровиц, У. Хилл. В 3-х томах: Т.1. Пер. с англ. 4-е изд. Перераб. И доп.– М.: Мир, 1993. – 413 с., ил.