

Министерство образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий



Кафедра электротехники

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания
к лабораторным работам № 31–35
по промышленной электронике
для студентов всех специальностей

Санкт-Петербург 2000

УДК 621.3
С74

Потоцкий А. П., Русанов А. В. Электротехника и электроника: Метод. указания к лабораторным работам № 31–35 по промышленной электронике для студентов всех спец. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2000. – 42 с

Приводятся сведения по проведению лабораторных работ по основам электроники, дается описание лабораторного стенда и используемых измерительных приборов.

Рецензент
Канд. техн. наук, доц. А. И. Васильев

Одобрены к изданию советом факультета техники пищевых производств

© Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий, 2000

ВВЕДЕНИЕ

Существенной частью курса „**Электротехника и основы электроники**” являются лабораторные занятия по промышленной электронике. Их цель – дать возможность студентам подтвердить опытным путем теоретические положения, изложенные в лекциях, изучить на практике методы научных исследований, научиться производить испытания и измерения, снимать различные характеристики, анализировать результаты и делать выводы.

Данные методические указания являются основным документом по проведению лабораторных работ. На вводном занятии в лаборатории студенты должны изучить организационно-методические правила и вопросы техники безопасности. К работе в лаборатории допускаются студенты, сдавшие зачет по технике безопасности для каждой лабораторной работы.

При подготовке к выполнению лабораторных работ на стенде ЛРС-2Р необходимо изучить его устройство. Стенд состоит из стола, стойки, двух полок, комплекта макетов и измерительных приборов (рис. 1). Стенд получает питание 220 В, 50 Гц от щита через автомат. Провод питания идет в стойку стенда, где расположены четыре блока. Справа расположен блок 1 питания переменного тока. Он содержит главный выключатель стенда, предохранитель на 5 А, сигнальную лампу и пять гнезд с напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Необходимо отметить, что гнезда, расположенные на боковой стороне стойки, получают напряжение только после включения главного выключателя. Гнездо, расположенное под главным выключателем, оказывается под напряжением сразу же после замыкания настенного автомата.

На стойке слева расположен выпрямительный блок 5, который дает стабилизированное напряжение постоянного тока для исследования электронных ламп ($E_a = 0 \div 250$ В), полупроводниковых устройств ($E_k = 0 \div 15$ В) и интегральных элементов ("Регулировка $0 \div 2$ В"). Для включения этого блока необходимо замкнуть его выключатель, при этом загорается сигнальная лампа. Величина напряжений E_a и E_k устанавливается потенциометрами "Регулировка $0 \div 250$ В" и "Регулировка $0 \div 15$ В", ручки которых выведены на лицевую панель блока, и подается на исследуемый макет 3 по специальному кабелю с разъемами. Контроль величины этих напряжений осуществляется вольтметром "**Контроль выхода**" 4. При этом необходимо выключатель, установленный под этим вольтметром, поставить в положение 300 В при измерении анодного напряжения или в положение 30 В при контроле коллекторного напряжения.

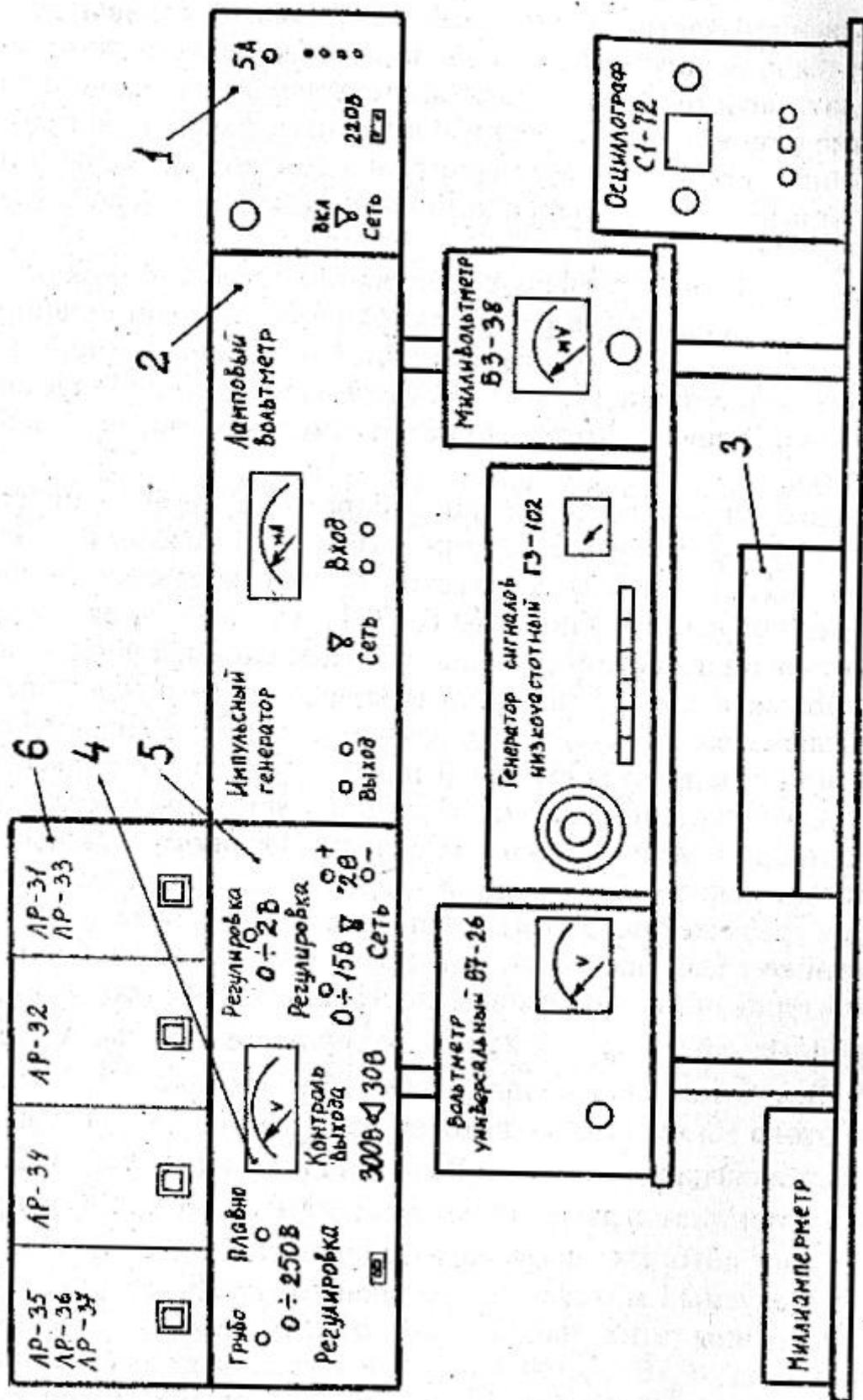


Рис. 1. Стенд для выполнения лабораторных работ

Блок 2, расположенный на стойке посередине, представляет собой ламповый вольтметр и импульсный генератор. Для включения этих приборов имеется свой выключатель, предохранитель и сигнальная лампа. Порядок пользования этими приборами, так же как и другими, прилагаемыми к стенду, изложен в соответствующих инструкциях, хранящихся в лаборатории.

Блок 6, расположенный над блоком 5, предназначен для подключения питания к макетам соответствующих лабораторных работ.

К каждой лабораторной работе лаборантом выставляются на стол и полку стенда необходимый макет, приборы и проводники с наконечниками. Студент, руководствуясь описанием к лабораторной работе, знакомится с ее электрической схемой и выполняет эксперименты. К очередной работе допускаются только те студенты, которые сдали отчет по предыдущей работе. Невыполненные вовремя по уважительной причине лабораторные работы отрабатываются студентом в назначенный преподавателем срок.

В конце описания каждой работы приводится перечень контрольных вопросов, на которые студент должен дать ответы до и после выполнения лабораторной работы.

1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРОНИКИ

Во избежание несчастных случаев и преждевременного выхода из строя приборов и электрооборудования каждый студент **должен строго выполнять** следующие **правила техники безопасности**:

1. Прежде чем приступить к работе, студент должен ознакомиться с общими организационно-методическими правилами работы в лаборатории и правилами техники безопасности.

2. После инструктажа по технике безопасности преподаватель проводит опрос студентов на допуск к работе. Каждый студент, получивший допуск, должен расписаться в соответствующем журнале в подтверждение того, что он ознакомлен с правилами техники безопасности при работе в лаборатории.

В дальнейшем инструктаж по технике безопасности проводится преподавателем перед выполнением каждой лабораторной работы. Студенты, получившие инструкции, расписываются в журнале.

3. При работе в лаборатории электроники категорически запрещается приносить с собой лишние вещи (чемоданы, пальто и др.), так как они за-

громоздят рабочие места, затрудняют выполнение лабораторных работ и тем самым способствуют созданию условий, которые могут привести к нарушению правил техники безопасности.

4. В лаборатории запрещается громко разговаривать, покидать без разрешения рабочие места, брать приборы и оборудование с других рабочих мест и переходить без надобности от одного стенда к другому.

5. Сборка рабочей электрической схемы должна проводиться при выключенном напряжении питания в строгом соответствии со схемой, представленной в методических указаниях. При сборке схемы надо следить за тем, чтобы соединительные провода не натягивались, не перегибались и не скручивались петлями. Приборы, реостаты и другое электрооборудование расставляется при этом так, чтобы было удобно им пользоваться.

6. Собранную схему необходимо предъявлять для проверки лаборанту. Включение схемы под напряжение производится по разрешению и в присутствии преподавателя, ведущего занятие, в строгом соответствии с правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей.

7. При обнаружении каких бы то ни было неисправностей в схеме необходимо немедленно отключить ее от сети и доложить об этом преподавателю. В случае перерыва в подаче напряжения питания необходимо отключить цепь.

8. Производить различные переключения и исправления в схеме можно только при снятом напряжении. Запрещается производить какие бы то ни было переключения на распределительном щите и на соседних лабораторных стендах. Заменять предохранители на стендах разрешается только лаборанту.

9. Запрещается касаться пальцами, карандашами и другими предметами оголенных токоведущих частей схемы, находящихся под напряжением. Перед включением цепи под напряжение надо обязательно убедиться, что никто из участвующих в работе не прикасается руками к незаизолированным частям лабораторной установки и все выключатели стенда находятся в положении "ВЫКЛЮЧЕНО".

10. Лабораторную работу можно выполнять только на исправном стенде, причем при участии не менее двух человек одновременно.

11. При проведении опытов на стенде, находящемся под напряжением, все переключения и регулировки с помощью выключателей и переменных резисторов должны производиться одним человеком и только одной рукой. Вторая рука должна быть свободной и не должна касаться аппаратуры стенда.

12. При использовании электронных приборов (таких, как генераторы, осциллографы, вольтметры и др.) необходимо остерегаться одновременного

касания руками, карандашами и другими токопроводящими предметами испытательной панели, находящейся под напряжением, и корпуса прибора, соединенного с клеммой прибора "⊥".

13. При обнаружении каких-либо повреждений, при появлении дыма, искрения или специфического запаха перегорелой изоляции необходимо немедленно обесточить стенд и сообщить об этом преподавателю.

14. После выполнения лабораторной работы необходимо выключить напряжение отключением автомата, предъявить данные опытов преподавателю и получить от него разрешение на разборку схемы. С разрешения преподавателя разобрать схему. Электрооборудование при этом аккуратно расставляется, а соединительные провода укладываются в предназначенное для них место. После приведения рабочего места в исходное состояние предъявить его лаборанту.

15. При попадании человека под напряжение необходимо немедленно освободить его от действия электрического тока путем отключения соответствующего автоматического выключателя или рубильника. При потере сознания и дыхания необходимо освободить пострадавшего от стесняющей одежды и делать искусственное дыхание до прибытия врача.

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ УНИВЕРСАЛЬНЫМ ВОЛЬТМЕТРОМ В7–26

1. Вольтметр универсальный В7–26 предназначен для измерения постоянного и переменного синусоидального напряжения, сопротивления постоянному току в лабораторных и цеховых условиях.

2. Диапазон измеряемых прибором постоянных напряжений от 30 мВ до 300 В перекрывается поддиапазонами 0,3; 1; 3; 10; 30; 100 и 300 В.

3. Диапазон измеряемых прибором переменных напряжений по низкочастотному входу от 200 мВ до 300 В перекрывается поддиапазонами 1; 3; 30; 100 и 300 В в области частот от 20 Гц до 20 кГц.

4. Диапазон измеряемых прибором сопротивлений постоянному току от 10 Ом до 1000 МОм перекрывается поддиапазонами со средней отметкой 100 Ом; 1; 10; 100 кОм; 1; 10; 100 МΩ.

5. Вольтметр универсальный В7–26 выполнен в виде настольного переносного прибора.

6. На передней панели прибора расположены:

- ручка переключателя рода работ;
- ручка переключения поддиапазонов;
- входные клеммы;

- ручка потенциометра установки электрического нуля при измерении постоянного напряжения и сопротивления постоянному току $>0<$; "U Ω ";
 - ручка потенциометра установки электрического нуля при измерении переменного напряжения $>0<$; "1VU";
 - ручка потенциометра установки бесконечности при измерении сопротивления постоянному току $>\infty<$; Ω ;
 - гнездо для пробника;
 - индикатор включения прибора;
 - тумблер включения напряжения сети "СЕТЬ".
- На переднюю панель выведен шнур пробника.

Порядок работы с прибором

1. После включения прибора тумблером "СЕТЬ" должны светиться индикаторная лампа и устанавливаться нуль прибора ручкой $>0<$; "U Ω ";
2. Продолжительность времени установления рабочего режима 15 мин.
3. Переключатель поддиапазонов поставить в положение "0,3U", а переключатель рода работ – в положение "– U" или "+ U", после чего установить указатель прибора на нулевую отметку шкалы $\approx V$ ручкой установки нуля U Ω . Перед установкой нуля клеммы "U" и "*" замкнуть накоротко.
4. Перевести переключатель рода работ в положение " r_x " и проверить нулевое положение указателя при замкнутых накоротко клеммах " r_x " и "*". Затем разомкнуть клеммы и установить указатель в положение " ∞ " на шкале Ω ручкой $>0<$; Ω .
5. Перевести переключатель поддиапазонов в положение 1, переключатель рода работ в положение $\text{---} \text{---} \text{---}$ и установить указатель на нулевую отметку шкалы $\sim 1U$ соответствующей ручкой установки нуля $>0<$; "1VU"

Перед установкой нуля клеммы "U" и "*" должны быть замкнуты накоротко.

После этого прибор готов к измерениям.

Измерение постоянного напряжения

1. Переключатель рода работ поставить в положение "– U" или "+ U".
2. Проверить установку нуля прибора на поддиапазоне 0,3 В.
3. Выбрав нужный поддиапазон измерения, подать измеряемое напряжение на клеммы "U" и "*".

4. Для определения значения измеряемого напряжения пользоваться шкалой " $\sim V$ ", причем, если выбран поддиапазон измерения 1; 10; 100 В, отсчеты брать по верхней части шкалы 0–10, если же выбран поддиапазон 0,3; 30; 300 В – по нижней части шкалы 0–30.

Измерение переменного напряжения

1. Переключатель рода работ поставить в положение " $\sim U$ ".
2. Проверить установку нуля прибора на поддиапазоне 1 В.
3. Выбрав нужный поддиапазон измерения, подать измеряемое напряжение на клеммы "U" и "*".
4. Для определения значения измеряемого напряжения до 1 В пользоваться шкалой " $\sim IU$ ".
5. Для определения значения измеряемого напряжения больше 1 В пользоваться шкалой $= V$ (пределы измерения 0–10 или 0–30 в зависимости от выбранного поддиапазона измерения).

3. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ОСЦИЛЛОГРАФОМ С1–72

Осциллограф С1–72 предназначен для исследования электрических процессов путем визуального наблюдения и измерения их временных интервалов от 0,2 мкс до 500 мс и амплитуд от 40 мВ до 60 В (с выносным делителем до 500 В).

Обозначение органов управления и присоединения, расположенных на передней панели, и их назначение приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение	Назначение
1. Ручка переключателя "U/ДЕЛ"	Установка необходимого коэффициента отклонения и подключение внутреннего калибратора к входу (положение "КАЛИБР")
2. Кнопка переключателя:	Переключение входа:

<< ~ >> (кнопка нажата); << ~ >> (кнопка отжата)	– открытый вход УВО; – закрытый вход УВО
3. Ручка << >>	Перемещение луча по вертикали
4. Коаксиальное гнездо "ВХОД У"	Подключение исследуемых сигналов на УВО
5. Ручка << * >>	Регулировка яркости луча
6. Ручка << >>	Регулировка фокусировки луча
7. Кнопка "СЕТЬ"	Включение и выключение прибора
8. Ручка <<←•→>>	Перемещение луча по горизонтали
9. Ручка переключателя "ВРЕМЯ/ДЕЛ"	Переключение длительности развертки
10. Ручка "СТАБИЛЬНОСТЬ"	Выбор режима работы генератора развертки (ждуций, автоколебательный)
11. Ручка "УРОВЕНЬ"	Выбор уровня запуска развертки
12. Кнопка переключателя: <<  >> (кнопка нажата); <<  >> (кнопка отжата)	Выбор полярности синхронизации: – синхронизация положительным перепадом исследуемого сигнала; – синхронизация отрицательным перепадом исследуемого сигнала
13. Кнопки переключателя: – от "сети" (кнопка нажата); – <<  >> (кнопка нажата); – << •  >> (кнопка нажата)	Выбор вида синхронизации: – внутренняя синхронизация частотой сети питания; – внутренняя синхронизация исследуемым сигналом; – синхронизация внешним сигналом
14. Кнопка переключателя: – << ~ >> (кнопка нажата); – << ~ >> (кнопка отжата)	Переключение входа синхронизатора внутрен- ней и внешней синхронизации: – открытый вход; – закрытый вход
Окончание табл. 1	
Обозначение	Назначение
15. Кнопка переключателя "ВХОД"	Подключение и отключение усилителя гори- зонтального отклонения к гнезду "ВХОД СИНХ "

16. Гнездо "ВХОД СИНХ"	Подключение сигнала при внешней синхронизации и для подачи внешнего сигнала на усилитель горизонтального отклонения
17. Клемма << ⊥ >>	Заземление корпуса прибора

Подготовка прибора к измерению

Нажатием кнопки переключателя "СЕТЬ" включить прибор. При этом должна загореться сигнальная лампочка. Через 2–3 мин после включения прибора следует отрегулировать яркость и фокусировку линии развертки с помощью ручек <<★>>, <<⊥>>. Если при максимальной яркости на экране не будет луча, то необходимо при помощи ручек <<←•→>> <<⊥>> переместить его в пределы рабочей части экрана.

Проведение измерений

Осуществление необходимых измерений и наблюдений производится по экрану ЭЛТ. Экран ЭЛТ снабжен прозрачной шкалой, используемой для измерения по вертикали и по горизонтали.

Шкала разделена на 6 делений по вертикали и 10 делений по горизонтали (одно деление равно 6 мм).

Измерение временных интервалов

Измеряемый временной интервал рекомендуется установить в центре экрана с помощью ручки <<←•→>>. Измеряемый временной интервал определяется произведением длины измеряемого времени на экране по горизонтали в делениях и значения величины времени на деление в данном положении переключателя "ВРЕМЯ/ДЕЛ".

Измерение частоты

Частоту сигнала определяют, измерив его период T , $f = 1/T$. Подсчитывают расстояние в делениях целого числа периодов сигнала, укладываемых наиболее близко к десяти делениям шкалы.

Другим методом определения частоты является сравнение неизвестной частоты с эталонной частотой по фигурам Лиссажу. В этом случае на

вход УВО подается сигнал, частоту которого необходимо измерить, нажимается кнопка "ВХОД" и на вход усилителя горизонтального отклонения через гнездо "ВХОД СИНХ" подается сигнал от генератора образцовой частоты. Переключатель "ВРЕМЯ/ДЕЛ" устанавливается в положение, обеспечивающее удобное наблюдение изображения на экране ЭЛТ. Ручка "СТАБИЛЬНОСТЬ" устанавливается в крайнее правое положение. При сближении частот на экране появляется вращающийся эллипс, остановка которого указывает на полное совпадение частот. При кратном соотношении частот на экране получается более сложная фигура, причем частота по вертикали так относится к частоте по горизонтали, как число точек касания к касательной по горизонтали относится к числу точек касания к касательной по вертикали.

Измерение амплитуды исследуемых сигналов

На вход усилителя вертикального отклонения подается исследуемый сигнал. При помощи ручек $\ll \gg$ и $\ll\leftarrow\bullet\rightarrow\gg$ сигнал совмещают с нужными делениями шкалы и измеряют размах изображения по вертикали в делениях. Положение переключателя "U/ДЕЛ" необходимо выбрать таким, чтобы размер исследуемого сигнала получался наибольшим в пределах рабочей части экрана. Величина исследуемого сигнала в вольтах будет равна измеренной величине изображения в делениях, умноженной на цифровую отметку показаний переключателя "U/ДЕЛ".

4. ОПИСАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Генератор ГЗ–36 предназначен для генерирования синусоидальных сигналов частотой от единиц до сотен кГц и амплитудой от мВ до десятков вольт. Генератор имеет 10 ступеней регулирования амплитуды, верньерное устройство и множитель частоты. Избранный диапазон по амплитуде выбирается нажатием соответствующей кнопки на лицевой панели прибора. Плавная регулировка осуществляется ручкой "Амплитуда". Установка нужного значения частоты f производится по верньерному устройству и дополнительному множителю: $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$, $\times 1000$.

Стрелочный индикатор прибора предназначен только для индикации функционирования генератора. Величину выходного напряжения надо контролировать только по вольтметру.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО ДИОДА И СТАБИЛИТРОНА

Цель работы

1. Изучить принцип действия и характеристики современных диодов и стабилитронов.
2. Приобрести практические навыки по экспериментальному определению характеристик и параметров выпрямительных диодов.
3. Приобрести практические навыки по экспериментальному определению параметров стабилитронов
4. Экспериментально подтвердить теоретические знания, полученные на лекциях и самостоятельных занятиях по полупроводниковым диодам.

Схема лабораторной установки

Лабораторная установка включает в себя макет с полупроводниковыми приборами (диод Д226, стабилитрон КС139) и стенд ЛРС-2Р, на котором размещается оборудование: источник питания, вольтметр универсальный В7-26, миллиамперметр на предел измерения постоянного тока 75 мА, микроамперметр на предел измерения постоянного тока 50 мкА. Работа выполняется на половине макета, предназначенной для исследования полупроводниковых приборов.

Программа работы

1. Изучить схему и устройство лабораторного макета и стенда.
2. Собрать схемы для прямой и обратной ветвей вольт-амперной характеристики выпрямительного диода Д226.
3. Рассчитать параметры Д226.
4. Собрать схему для снятия прямой и обратной ветвей вольт-амперной характеристики стабилитрона КС139.
5. Рассчитать параметры стабилитрона КС139.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с электрической схемой, приборами, элементами лабораторного макета и стенда. Изучить принципиальные электрические схемы для снятия вольт-амперной характеристики диода, стабилитрона.

Ответить на контрольные вопросы и расписаться в журнале по технике безопасности. Получить разрешение на выполнение лабораторной работы.

2. Убедиться, что все тумблеры стенда находятся в положении "ВЫКЛ" (положение тумблера вниз) и ручки, регулирующие напряжение блока питания, выведены до упора против часовой стрелки.

3. Подключить лабораторный макет к разъему на стенде.

4. Подключить вилку питающего кабеля вольтметра В7-26 к розетке ~ 220В на стенде ЁДÑ-2Д.

5. Включить автомат на распределительном щите. Включить тумблер "СЕТЬ" на стенде ЁДÑ-2Д. Подать питание на стенд. Включить универсальный вольтметр А7-26 и дать ему прогреться в течение нескольких минут.

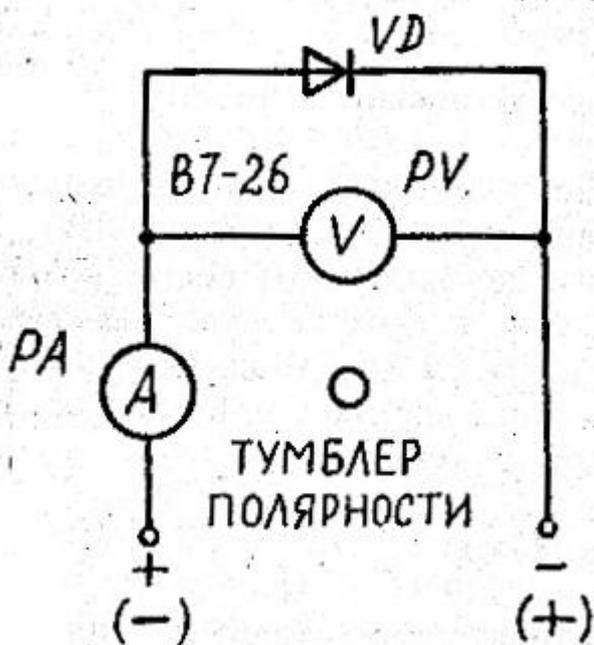


Рис. 2. Схема для снятия вольт-амперной характеристики диода

6. Установить переключатель рода работ вольтметра А7-26 в положение "+ V", предел шкалы на 1 В. Замкнуть накоротко клеммы "U" и "*" вольтметра и ручкой "UΩ" установить стрелку прибора на нулевую отметку.

7. В соответствии с рис. 2 подключить приборы к макету и собрать схему для снятия прямой ветви вольт-амперной характеристики диода. Для измерения тока использовать миллиамперметр. Тумблер переключения полярности поставить в левое положение, при этом на анод диода поступает (+), а на катод (-).

7.1. Изменяя ток $I_{пр}$ диода от 0 до 50 мА с помощью ручки "Регулировка 1-15В" на источнике питания стенда ЁДÑ-2Д, измерить с помощью вольтметра А7-26 падение напряжения на диоде.

Результаты измерения занести в табл. 2.

7.2. Рассчитать значения прямого динамического сопротивления диода $R_i = \frac{\Delta U_{пр}}{\Delta I_{пр}}$, где $\Delta I_{пр}$ и $\Delta U_{пр}$ – приращения тока и напряжения на вольт-амперной характеристике.

Таблица 2

Опыт		Расчет
$I_{пр},$ мА	$U_{пр},$ В	$R_{п} = \Delta U_{пр}/\Delta I_{пр}$
0		
5		
10		
20		
30		
40		
50		

Таблица 3

Опыт		Расчет
$U_{обр},$ В	$I_{обр},$ мкА	$R_{обр} = U_{обр}/I_{обр}$ при $U_{обр} = 15$ В, Ом
0		
5		
10		
15		

8. Снять обратную ветвь вольт-амперной характеристики диода. Для этого перевести тумблер переключения полярности на макете в правое положение. Вместо миллиамперметра установить микроамперметр. Предел измерения вольтметра В7–26: 30 В.

8.1. Изменяя обратное напряжение $U_{обр}$ от 0 до 15 В с помощью ручки "Регулировка 1–15 В" на источнике питания стенда ЛРС–2Р, измерить микроамперметром обратный ток $I_{обр}$ диода. Результаты измерений занести в табл. 3. Уменьшить до минимума (вращая ручку "Регулировка 1–15 В" против часовой стрелки) напряжение, подаваемое на диод.

8.2. При $U_{обр}=15$ В рассчитать значение обратного сопротивления $R_{обр}$ и занести в табл. 3.

8.3. Построить прямую и обратную ветви вольт-амперной характеристики диода $I = f(U)$.

9. Провести исследование стабилитрона КС139. Для этого подключить стабилитрон к измерительным приборам в соответствии с рис. 3.

9.1. Установить тумблер полярности в левое положение, предел измерения В7–26: 1В. Установить миллиамперметр на предел измерения 50 мА постоянного тока. Снять прямую ветвь вольт-амперной характеристики стабилитрона. Как и в предыдущем случае, при исследовании выпрямительного диода, изменять ток в стабилитроне $I_{пр}$ от 0 до 50 мА с помощью ручки "Ре-

гулировка 1–15 В" на источнике питания стенда, при этом измерять падение напряжения на стабилитроне. Результаты занести в табл. 4.

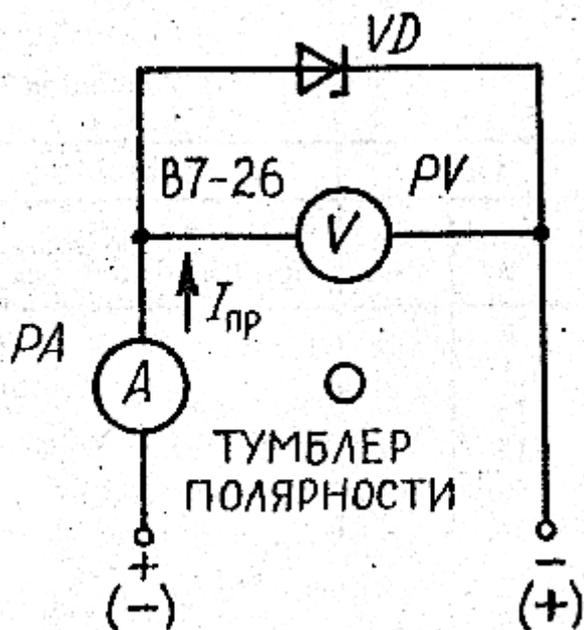


Рис. 3. Схема для снятия вольт-амперной характеристики стабилитрона

9.2. Снять обратную ветвь вольт-амперной характеристики стабилитрона. Для этого переключить тумблер полярности в правое положение, установить предел шкалы В7–26 на 10 В. С помощью ручки "Регулировка 1–15 В" на источнике питания стенда изменить ток $I_{ст}$ стабилитрона от 0 до 50 мА, измеряя при этом обратное напряжение $U_{обр}$ на стабилитроне. Результаты эксперимента занести в табл. 5. Установить ручку "Регулировка 1–15 В" в крайнее левое положение, повернув ее против часовой стрелки.

Таблица 4

$I_{ид.н.}, \text{мА}$	$U_{ид.н.}, \text{В}$
0	
5	
10	
20	
30	
40	
50	

Таблица 5

$I_{н.д.}, \text{мА}$	$U_{ид.н.}, \text{В}$
0	
1	
2	
3	
4	
5	
10	
20	
30	
40	
50	

9.3. Вычертить прямую и обратную ветви вольт-амперной характеристики стабилитрона $I = f(U)$. На обратной ветви вольт-амперной характеристики определить минимальный ток стабилизации $I_{ст.мин}$.

Определить $U_{ст.мин}$ и $U_{ст.мах}$. Определить среднее значение тока $I_{ст}$ и напряжение $U_{ст}$ стабилизации. Определить динамическое сопротивление стабилитрона на участке стабилизации.

$I_{ст.мах}$ принять равным 50 мА.

$$R_{\dot{a}} = \frac{\Delta U_{ст.}}{\Delta I_{ст.}} = \frac{U_{ст.мах} - U_{ст.мин}}{I_{ст.мах} - I_{ст.мин}}$$

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Программа работы.
3. Принципиальные электрические схемы для экспериментального исследования вольт-амперной характеристики выпрямительного диода и стабилитрона.
4. Таблицы и графики с результатами экспериментов.
5. Расчеты основных параметров выпрямительного диода и стабилитрона.
6. Краткие выводы по работе.

Контрольные вопросы

При **допуске** к лабораторной работе:

1. Цель и программа работы.
2. Назначение и области применения диодов, стабилитронов.
3. Классификация диодов и их основные характеристики.
4. Условные обозначения диодов на принципиальных электрических схемах.
5. Что такое прямое включение полупроводникового диода?
6. Что такое обратное включение полупроводникового диода?

При **защите** лабораторной работы необходимо ответить на все вышеперечисленные вопросы и, кроме того:

1. Объяснить электрические процессы в **p-n**-переходе при отсутствии внешнего напряжения.
2. Объяснить электрические процессы в **p-n**-переходе при прямом и обратном смещении **p-n**-перехода.
3. Объяснить устройство и принцип действия выпрямительного диода, его основные характеристики и параметры.

4. Объяснить устройство и принцип действия стабилитрона, его основные характеристики и параметры.

5. Нарисовать принципиальные электрические схемы для снятия вольт-амперных характеристик диода и их основных параметров.

Лабораторная работа ¹ 32

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Цель работы

1. Изучить схемы и принцип действия выпрямительных устройств.
2. Приобрести практические навыки по использованию и применению схем выпрямителей.
3. Экспериментально подтвердить теоретические знания, полученные на лекциях и самостоятельных занятиях.

Схема лабораторной установки

Лабораторная установка включает в себя: макет с диодами, нагрузочным резистором и емкостным фильтром, миллиамперметр с пределом измерения постоянного тока 75 мА, осциллограф С1–72, набор проводов и стенд ЛРС–2Р, на котором размещается все оборудование.

Программа работы

1. Изучить устройство лабораторной установки по схемам на рис. 1, 2, 3, 4.
2. Экспериментально проверить основные соотношения для:
 - однополупериодного однофазного выпрямителя;
 - двухполупериодного однофазного мостового выпрямителя;
 - однополупериодного трехфазного выпрямителя;
 - мостового трехфазного выпрямителя.
3. Экспериментально определить влияние конденсатора филт-ра на величину постоянной составляющей выпрямленного напряжения и форму напряжения на нагрузке для однополупериодного выпрямителя.
4. Составить отчет о выполненной работе.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с электрической схемой, приборами, аппаратами и элементами экспериментальной установки.

2. Собрать электрическую схему однофазного однополупериодного выпрямителя (рис. 1).

3. Предъявить схему для проверки лаборанту.

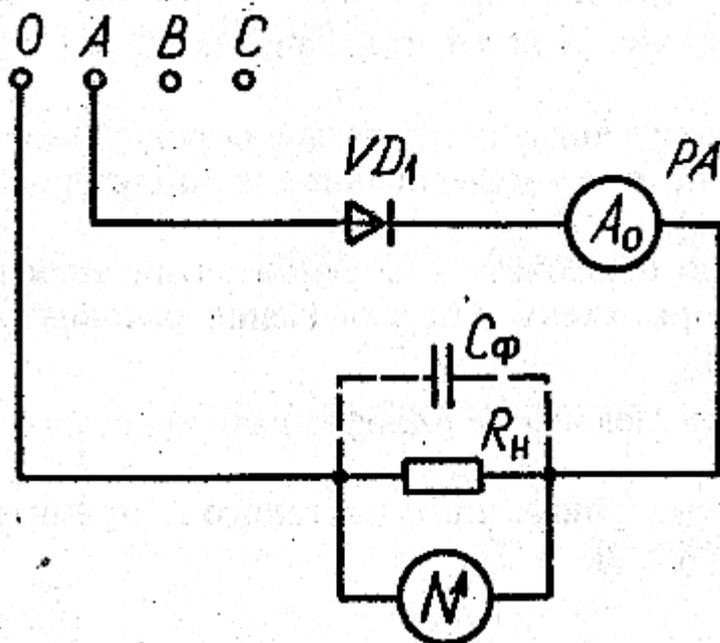


Рис. 1. Схема однофазного однополупериодного выпрямителя

4. Провести исследование однополупериодного однофазного выпрямителя.

4.1. Включить тумблеры питания на макете. Включить стенд. Включить осциллограф С1-72 и дать ему прогреться в течение нескольких минут. Установить и сфокусировать лучи осциллографа.

4.2. Записать в табл. 1 действующее значение напряжения питания $U_{\text{пит}} = 18 \text{ В}$.

4.3. Измерить с помощью миллиамперметра значение выпрямленного тока I .

4.4. С помощью осциллографа измерить максимальное значение напряжения U_m на выходе выпрямителя и максимальное напряжение пульсации $U_{i,1}$ (в этом опыте значения U_m и $U_{i,1}$ совпадают).

4.5. С помощью осциллографа измерить: T – период входного напряжения, t_n – длительность пульсации, m – число пульсаций за период T .

4.6. Зарисовать с осциллографа форму кривой выпрямленного напряжения.

5. Произвести исследование влияния емкостного фильтра на работу однофазного однополупериодного выпрямителя.

5.1. Подключить емкостной фильтр C_{ϕ} параллельно нагрузочному резистору $R_{\text{н}}$.

5.2. Записать в табл. 1 действующее значение напряжения питания $U_{\text{пит}} = 18 \text{ В}$.

5.3. Произвести опыты по пп. 4.4–4.6.

5.4. Обратит внимание на то, что значения $U_{\text{м}}$ и $U_{\text{i.l}}$ в этом случае различны.

5.5. Сравнить полученные результаты с результатами опытов, которые проводились по п. 4 (исследование однополупериодного однофазного выпрямителя).

5.6. Обязательно отключить оба тумблера питания на макете и схему разобрать. Сборку схемы и переключения выполнять только при выключенном питании.

6. Произвести исследование однофазного мостового выпрямителя.

6.1. Собрать схему однофазного мостового выпрямителя и предъявить для проверки (рис. 2).

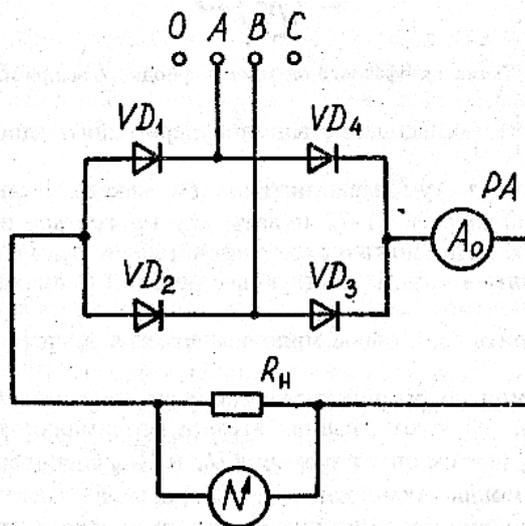


Рис. 2. Схема однофазного мостового выпрямителя

6.2. Записать в табл. 1 действующее значение напряжения питания $U_{\text{ред}} = 30 \text{ В}$.

6.3. Произвести опыты по пп. 4.3–4.6, 5.4.

6.4. Отключить питающие тумблеры на макете и схему разобрать.

7. Произвести исследования однополупериодного трехфазного выпрямителя (рис. 3).

7.1. Собрать схему однополупериодного трехфазного выпрямителя и предъявить ее для проверки.

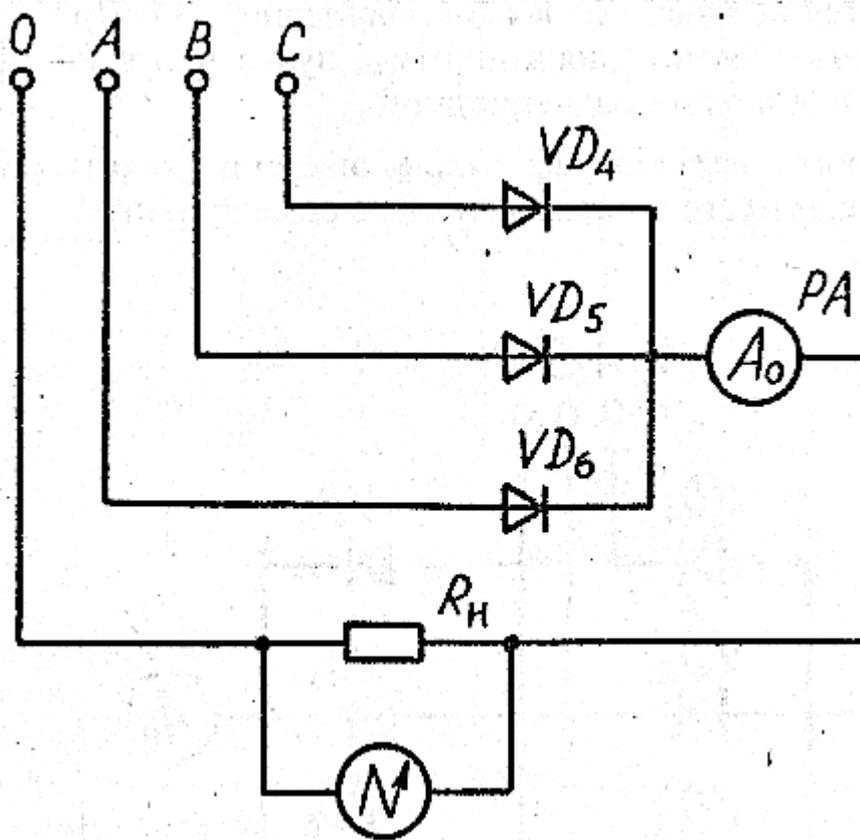


Рис. 3. Схема однополупериодного трехфазного выпрямителя

7.2. Записать в табл. 1 действующее значение напряжения питания $U_{\text{пит}} = 18 \text{ В}$.

7.3. Произвести опыты по пп. 4.3–4.6, 5.4.

7.4. Отключить тумблеры питания на макете и схему разобрать.

8. Произвести исследование трехфазной мостовой схемы выпрямителя.

8.1. Собрать схему мостового трехфазного выпрямителя и предъявить для проверки (рис. 4).

8.2. Записать в табл. 1 действующее значение напряжения питания $U_{\text{пит}} = 30 \text{ В}$.

8.3. Произвести опыты по пп. 4.3–4.6, 5.4.

8.4. Отключить тумблеры питания на макете, разобрать схему и предъявить преподавателю опытные данные.

При сравнении значений амплитуды пульсации $U_{\text{и}}$ необходимо помнить, что на трехфазный выпрямитель, собранный по мостовой схеме, подается линейное напряжение питания $U_{\text{л}}$, а на однофазный или трехфазный од-

нополупериодный – фазное напряжение U_{ϕ} , которое в $\sqrt{3}$ раз меньше U_{ε} . Поэтому амплитуда пульсации в мостовой схеме получается больше, чем в однополупериодной. При подаче одинакового напряжения питания амплитуда пульсации в мостовой схеме будет меньше, чем в однополупериодной.

9. Отключить осциллограф, выключить стенд и автомат питания. Привести рабочее место в порядок и сдать его лаборанту.

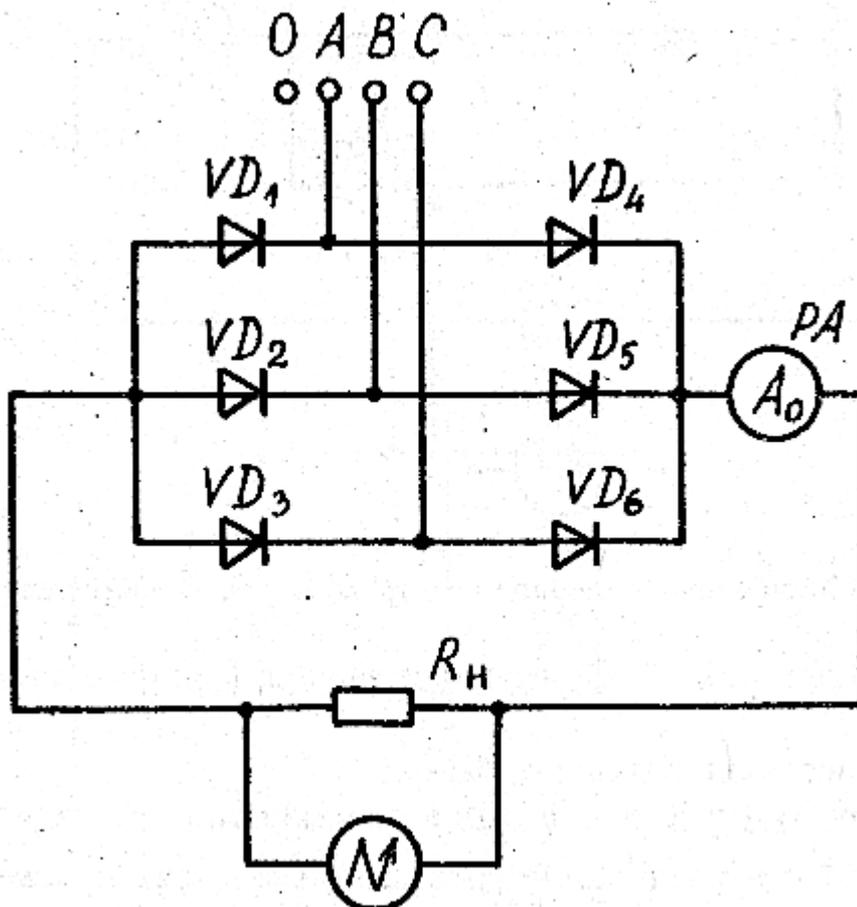


Рис. 4. Схема мостового трехфазного выпрямителя

Таблица 1

Схема выпрямителя	$U_{\text{пит}},$ В	$I_0,$ iА	$U_M,$ В	$U_{\text{п.м}},$ В	$t_i,$ iñ	$\dot{O},$ iñ	$f_i =$ $= \frac{1}{t_n},$	m	$K_i =$ $= \frac{2}{m^2 - 1}$
Однофазный однополупе- риодный									–

Однофазный однополупер иодный с фильтром									
Однофазный мостовой									
Трехфазный однополупер иодный									
Трехфазный мостовой									

Содержание отчета

1. Программа работы.
2. Схемы исследуемых выпрямителей.
3. Таблица наблюдений и вычислений.
4. Рисунки осциллограмм выпрямленного напряжения, выполненные на миллиметровке.
5. Краткие выводы по работе.

Контрольные вопросы

При **допуске** к лабораторной работе:

1. Какова цель и программа работы?
2. В чем заключается назначение выпрямителя?
3. Из каких главных частей состоит выпрямитель?
4. Как работает однофазный выпрямитель:
 - однополупериодный;
 - двухполупериодный с двумя диодами;
 - двухполупериодный мостовой?
5. Какими данными надо располагать для выбора диода выпрямителя?
6. Какое влияние оказывает на работу выпрямителя конденсатор фильтра?
7. Какие функции выполняет фильтр типа RC?

При **защите** лабораторной работы необходимо ответить на все вышеперечисленные вопросы, и кроме того:

1. Как проходит ток в однополупериодном выпрямителе?
2. Как проходит ток в мостовом однофазном выпрямителе?

3. Как проходит ток в трехфазном однополупериодном выпрямителе?
4. Как проходит ток в трехфазном мостовом выпрямителе?
5. Какую форму, величину и период имеют кривые напряжения на нагрузке при различных схемах выпрямителя?
6. Как при помощи осциллографа определить амплитуду и длительность напряжения на нагрузке?
7. Объяснить форму кривой напряжения при подключении конденсатора?

Лабораторная работа ¹ 33

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКАСКАДНОГО УСИЛИТЕЛЯ

Цель работы

1. Изучить устройство двухкаскадного полупроводникового усилителя низкой частоты.
2. Приобрести практические навыки по использованию и испытанию транзисторного усилителя.
3. Экспериментально подтвердить теоретические знания, полученные на лекциях по полупроводниковым усилителям низкой частоты.

Схема лабораторной установки

Лабораторная установка, включает в себя: макет с унифицированным усилителем ПЗЗ 1.2.01; генератор сигнала низкой частоты ГЗ–36А или ГЗ–102, с которого подается входное напряжение на усилитель; милливольтметр ВЗ–38, при помощи которого измеряется входное напряжение усилителя и выходное напряжение первого каскада усилителя; электронный универсальный вольтметр $\hat{A}7-26$, которым измеряют выходное напряжение второго каскада усилителя; осциллограф С1–72, при помощи которого следят за формой входного и выходного сигналов; стенд ЛРС–2Р, на котором размещается все оборудование и который обеспечивает питанием \hat{B} усилитель, генератор, вольтметры и осциллограф.

На рис. 1 приведена электрическая схема лабораторной установки. Постоянное напряжение для усилителя подается от стенда по специальному кабелю с разъемами. Величина этого напряжения ($E_k = 10 \text{ В}$) устанавливается потенциометром "Регулировка 1–15 \hat{A} " по вольтметру "КОНТРОЛЬ

ВЫХОДА". При этом выключатель, находящийся под вольтметром, необходимо установить в положение "30 В".

Программа работы

1. Изучить устройство ёааîðàðîðîíé установки по схеме на рис. 1.
2. Экпериментально получить амплитудную характеристику усилителя

$$U_{\text{ВЫХ}} = f_1 (U_{\text{ВХ}}) \text{ при } f = \text{const.}$$

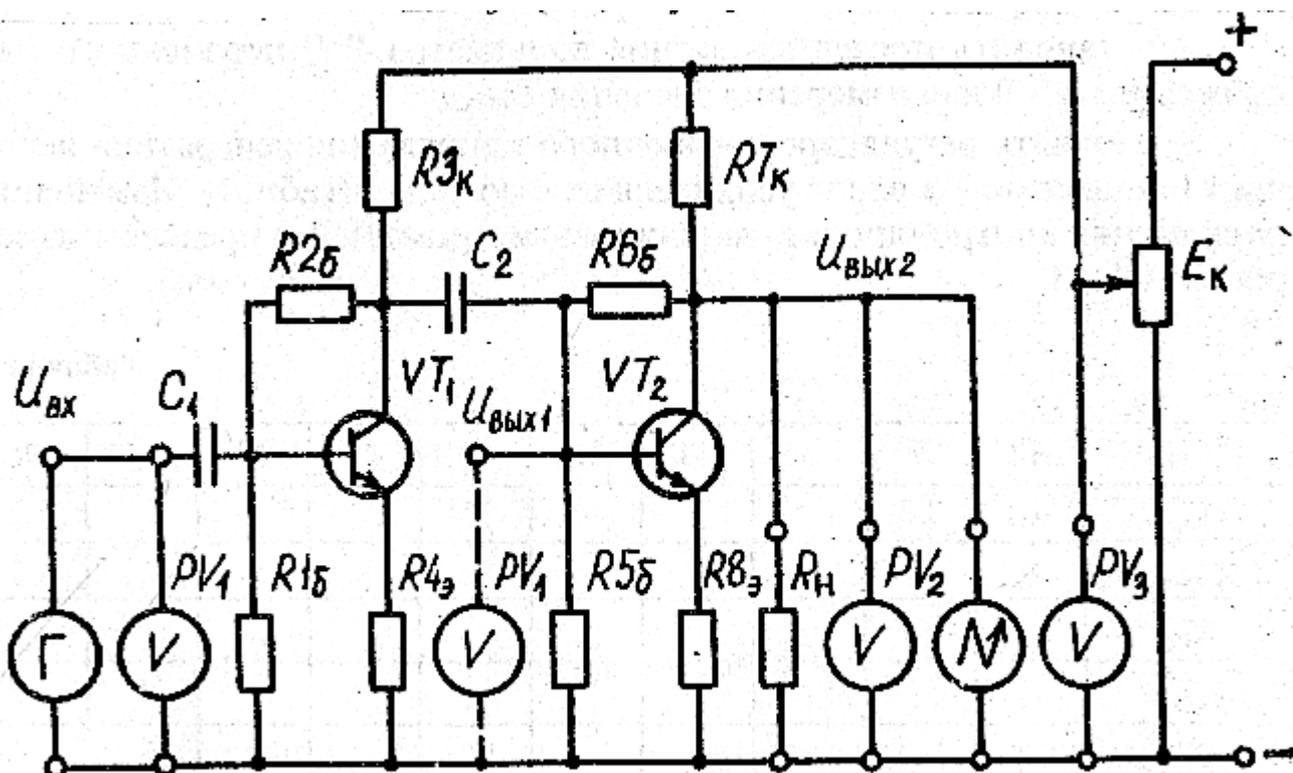


Рис. 1. Электрическая схема транзисторного усилителя

3. Экпериментально получить частотную характеристику усилителя $K_U = f_2 (f)$ при $U_{\text{ВХ}} = \text{const.}$
4. Составить отчёт о выполненной работе.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с электрической схемой, приборами и макетом лабораторной установки. Подключить приборы к гнездам питания стенда.
2. Собрать электрическую схему (рис. 1) при помощи проводов со штырями.
3. Предоставить схему для проверки лаборанту.

4. Подать напряжение питания на приборы, после пятиминутного их прогрева выставить нули и подготовить к работе осциллограф.

5. Получить амплитудную характеристику усилителя. Для этого необходимо:

- установить на звуковом генераторе ГЗ–36 частоту $f = 5000$ Гц;
- подключить ко входу усилителя клемму генератора "ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ" с пределом 0,01 В;
- $U_{\text{ВЫХ1}}$ измерять милливольтметром на предел измерения 1 В переменного напряжения;
- установить предел измерения вольтметра PV₂ переменного напряжения на 3 В для измерения значения $U_{\text{ВЫХ2}}$;
- изменять регулятором выходного напряжения генератора величину напряжения на входе усилителя от 0 до 40 мВ (табл. 1). Изменение напряжения контролировать милливольтметром PV 1 с пределом измерения 100 мВ.

Таблица 1

$U_{\text{ВХ}}$	мВ	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$U_{\text{ВЫХ1}}$	мВ									
$U_{\text{ВЫХ2}}$	В									
K_{U1}	–									
K_{U2}	–									
K_U	–									

– измерить значения $U_{\text{ВЫХ1}}$ с помощью вольтметра PV₁, а значения $U_{\text{ВЫХ2}}$ – с помощью PV₂ и записать в табл. 1 значения, соответствующие каждому значению входного напряжения;

– исследовать форму выходных напряжений $U_{\text{ВЫХ1}}$ и $U_{\text{ВЫХ2}}$ осциллографом и отметить, при каком входном напряжении $U_{\text{ВХ}}$ происходит искажение формы синусоиды;

– вычислить коэффициент усиления каскадов и усилителя по формулам:

$$K_{U1} = \frac{U_{\text{ВЫХ1}}}{U_{\text{ВХ}}}; \quad K_{U2} = \frac{U_{\text{ВЫХ2}}}{U_{\text{ВЫХ1}}}; \quad \hat{E}_U = \frac{U_{\text{ВЫХ2}}}{U_{\text{ВХ}}}.$$

– убедиться, что $\hat{E}_U = K_{U1} \cdot K_{U2}$.

6. Снять частотную характеристику усилителя. Для этого необходимо:

- подать от звукового генератора ГЗ–36 на вход усилителя $U_{\text{вх}} = 15 \text{ мВ}$ и поддерживать его постоянным в течение всего опыта;
 - изменять частоту входного напряжения от 500 Гц до 100 кГц (табл. 2);
 - измерить и записать в табл. 2 значения $U_{\text{вых2}}$ выходного напряжения каскада, соответствующие каждому значению входной частоты;
 - вычислить коэффициент усиления для разных частот по формуле $\hat{E}_U = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$ и записать его в табл. 2.
7. Показать полученные данные преподавателю.
 8. Отключить напряжение питания, разобрать схему, привести рабочее место в **порядок** и сдать его лаборанту.
 9. Приступить к **оформлению отчета**.

Таблица 2

f	кГц	0,5	1,0	5,0	10	15	20	30	50	100
$U_{\text{вых2}}$	В									
K_U	–									

Содержание отчета

1. Перечень приборов с указанием их основных характеристик.
2. Электрическая схема лабораторной установки (рис. 1).
3. Табл. 1 и 2 с записью опытных и вычисленных величин.
4. Графики амплитудной и частотной характеристик.
5. Краткие выводы.

Контрольные вопросы

При **допуске** к лабораторной работе:

1. В чем заключается принцип действия усилительного каскада ОЭ?
2. Какая частота называется низкой?
3. Каково назначение элементов транзисторного усилителя?
4. Что называется амплитудной и частотной характеристиками усилителя?
5. Какая схема температурной стабилизации используется в данном усилителе?
6. Чему равен коэффициент усиления многокаскадного усилителя?

При **защите** лабораторной работы необходимо ответить на все вышеперечисленные вопросы и, кроме того:

1. В чем заключается работа звена температурной стабилизации в усилителе?
2. Как задается в исследуемом усилителе режим покоя?
3. Как определить напряжение смещения в схеме усилителя?
4. Какую функцию выполняют конденсаторы в усилителе?
5. Какие нелинейные искажения вы видели на экране осциллографа?
6. Каковы причины появления нелинейных искажений?
7. Каковы причины частотных искажений усилителей?
8. Почему для измерения выходного напряжения применяют электронный вольтметр?
9. Как строится нагрузочная прямая на семействе выходных характеристик транзистора?
10. Почему наибольшее распространение в схемах усилителей получил каскад с общим эмиттером?
11. Объясните работу каскада ОЭ в режиме класса А.

Лабораторная работа № 34

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ

Цель работы

1. Изучить принцип действия операционных усилителей.
2. Приобрести практические навыки по использованию и применению операционных усилителей.
3. Изучить операции, которые осуществляются с помощью операционного усилителя.
4. Экспериментально подтвердить теоретические знания, полученные на лекциях и самостоятельных занятиях по операционным усилителям.

Схема лабораторной установки

Лабораторная установка включает макет с операционным усилителем (микросхема К140УД8) и стенд ЛРС–2Р, на котором размещается оборудование: источник питания и универсальный вольтметр В7–26.

Программа работы

1. Изучить стенд и устройство лабораторного макета.
2. Изучить схемы включения операционного усилителя $\text{E}140\text{O}\ddot{\text{A}}8$ (рис. 1–3).
3. Собрать схему и исследовать работу инвертирующего усилителя (рис. 1).
4. Собрать схему и исследовать работу неинвертирующего усилителя (рис. 2).
5. Собрать схему и исследовать работу суммирующего усилителя (сумматора) (рис. 3).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с электрической схемой, приборами и элементами лабораторного макета и стенда. Изучить принципиальные электрические схемы включения операционных усилителей. Ответить на контрольные вопросы и расписаться в журнале по технике безопасности. Получить разрешение на выполнение лабораторной работы.

2. Убедиться, что все тумблеры стенда и макета находятся в положении "ВЫКЛ" (положение тумблера вниз).

3. Включить автомат на распределительном щите. Включить тумблер "СЕТЬ" и подать питание на стенд ЛРС–2Р.

4. Подключить лабораторный макет к разъему.

5. Подключить питающий кабель вольтметра В7–26 к одной из розеток ($\sim 220\text{ В}$), которые находятся на боковой панели стенда $\text{E}\ddot{\text{D}}\ddot{\text{N}}\text{--}2\text{D}$.

6. Включить тумблер "СЕТЬ" на передней панели вольтметра, подать на него питание. Прогреть прибор в течение нескольких минут.

7. Переключатель рода работ вольтметра установить в положение "U", а переключатель пределов в положение 1A . Подключить к входным клеммам "U" и "*" провода по штыревыми наконечниками, после чего замкнуть эти клеммы накоротко. Ручкой "U Ω " установить стрелку прибора на нулевую отметку шкалы.

8. Подключить клемму "*" вольтметра к общей клемме " \perp " лабораторного макета.

9. Исследовать инвертирующий усилитель, для чего собрать схему (рис. 1).

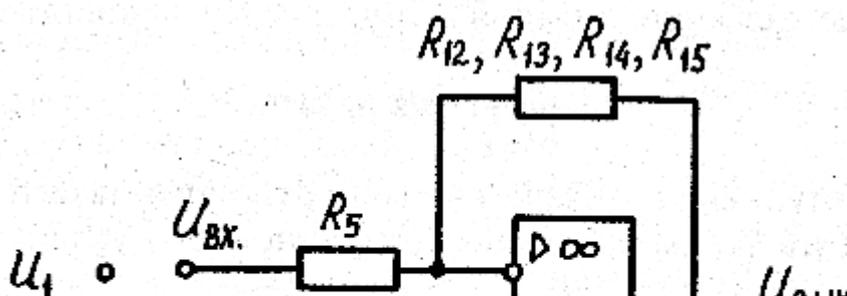


Рис. 1. Схема инвертирующего усилителя

9.1. Предъявить собранную схему преподавателю или лаборанту и получить разрешение на включение макета.

9.2. Включить макет с помощью тумблера "ВКЛ", расположенного на его боковой панели.

9.3. Установить в цепи обратной связи R12 (100 кОм). Подключить вольтметр В7–26 к выходу операционного усилителя.

Провести балансировку операционного усилителя, для чего при замкнутом на ноль входе, вращая движок потенциометра R16, добиться нулевого выходного сигнала на пределе шкалы вольтметра 1 В. После каждого изменения схемы операционного усилителя производить его балансировку.

9.4. Выставить ручкой регулировки 0–2 В питания на стенде ЛРС–2Р напряжение $U_1 = 1$ В. Подключить поочередно клемму вольтметра в гнезда U_1 ; U_2 ; U_3 , измерить напряжения и записать их в табл. 1. (Род работы вольтметра "– U", предел измерения 1V).

9.5. Для измерения выходного сигнала $U_{\text{вых}}$ установить предел шкалы вольтметра на 30 В. Переключатель рода работ вольтметра установить в положение "– U".

Измерить выходное напряжение $U_{\text{вых}}$, поочередно меняя сопротивления резисторов обратной связи (R12; R13; R14; R15) для различных значений входного напряжения ($U_{\text{вх}} = U_1; U_2; U_3$). Результаты измерений записать в табл. 1. Необходимо помнить, что выходное напряжение имеет отрицательную полярность.

Таблица 1

$U_{\text{вх}}$, В	$R_{\text{о.с.}}$, кОм	$U_{\text{вых}}$, В	K_U (расчетный)	K_U (опытный)
U_1	R12=100 R13=50			

	R14=20 R15=10		
U_2	R12 R13 R14 R15		
U_3	R12 R13 R14 R15		

9.6. Вычислить расчетный и опытный коэффициенты усиления инвертирующего операционного усилителя для каждого случая.

$$K_{U(\text{расчетный})} = \frac{-R_{o.c}}{R_5}, \text{ где } R_5 = 10 \text{ кОм.}$$

$$K_{U(\text{опытный})} = \frac{-U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}.$$

Результаты вычислений занести в табл. 1.

9.7. Выключить питание макета, переведя тумблер в положение "ВЫКЛ", предъявить данные преподавателю и разобрать схему инвертирующего операционного усилителя.

10. Исследовать неинвертирующий операционный усилитель, для чего собрать схему (рис. 2).

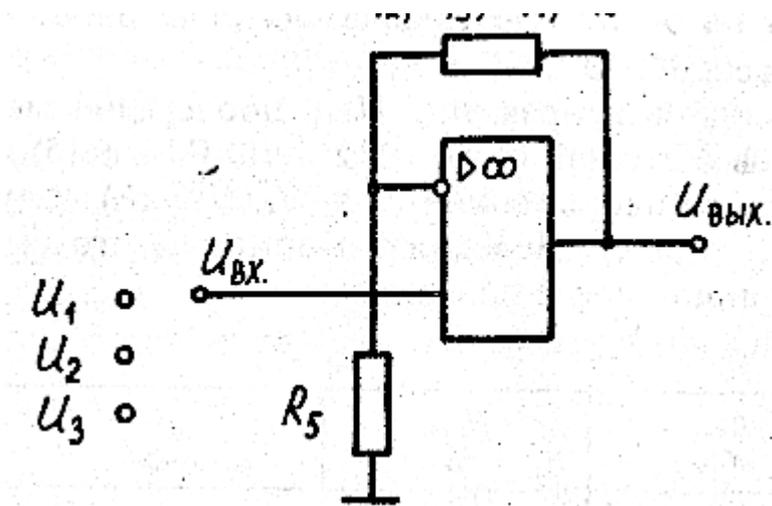


Рис. 2. Схема неинвертирующего усилителя

10.1. Предъявить собранную схему преподавателю или лаборанту и получить разрешение на включение макета.

10.2. Включить макет.

10.3. Повторить пп. 9.3; 9.4; 9.5. Необходимо помнить, что выходное напряжение имеет теперь положительное значение.

10.4. Вычислить расчетный и опытный коэффициенты усиления операционного усилителя; результаты измерений и вычислений записать в табл. 2.

$$K_{U(\text{расчетный})} = 1 + \frac{R_{o.c.}}{R_5}, \quad \text{где } R_{i.n.} = R12; R13; R14; R15;$$

$$R_5 = 10 \text{ кОм.}$$

$$K_{U(\text{опытный})} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}.$$

10.5. Выключить питание макета, переведя тумблер в положение "ВЫКЛ", предъявить данные преподавателю и с его разрешения разобрать схему.

11. Исследовать суммирующий операционный усилитель (сумматор), $\ddot{\text{a}}\ddot{\text{e}}\ddot{\text{y}} \div \ddot{\text{a}}\ddot{\text{a}}\ddot{\text{i}} \ddot{\text{n}}\ddot{\text{a}}\ddot{\text{d}}\ddot{\text{a}}\ddot{\text{d}}\ddot{\text{i}} \ddot{\text{n}}\ddot{\text{b}}\ddot{\text{a}}\ddot{\text{i}}\ddot{\text{b}}$ (дѐн. 3).

11.1. Предъявить собранную схему преподавателю или лаборанту и получить разрешение на включение макета.

11.2. Подключить вольтметр В7–26 для измерения выходного напряжения операционного усилителя ($U_{\ddot{\text{a}}\ddot{\text{u}}\ddot{\text{o}}}$). Установить шкалу прибора на предел 3 В. При измерении выходного напряжения переключатель рода работ поставить в положение "– U".

Таблица 2

$U_{\text{ВХ}},$ В	$R_{o.c.},$ кОм	$U_{\text{ВЫХ}},$ В	K_U (расчетный)	K_U (опытный)
$U_{1=}$	R12 R13 R14 R15			
$U_{2=}$	R12 R13 R14 R15			
$U_{3=}$	R12			

	R13		
	R14		
	R15		

11.3. Подать на ОУ входное напряжение U_1 через резистор R5 и измерить $U_{\text{âõ}}$.

11.4. Не отключая первый вход (напряжение U_1 , поданное через резистор R5), подать напряжение U_2 через резистор R6 и измерить $U_{\text{вых}}$.

11.5. Не отключая первый и второй входы ОУ (U_1 через R5 и U_2 через R6), подать входной сигнал U_3 через резистор R9 и измерить $U_{\text{вых}}$. Результаты измерений занести в табл. 3. Значения входных напряжений взять из табл. 2.

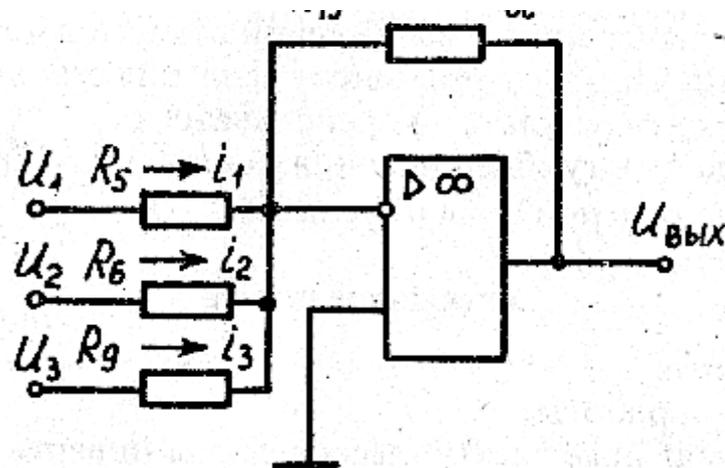


Рис. 3 Схема суммирующего усилителя

Вычислить опытный коэффициент усиления суммирующего операционного усилителя $K_{U \text{ (опытный)}} = -\frac{U_{\text{вых}}}{\sum U_{\text{вх}}}$. Вычислить абсолютную погрешность суммирования $\Delta = U_{\text{вых}} - \sum U_{\text{вх}}$.
 $R5 = R6 = R9 = R15 = 10 \text{ кОм}$

Таблица 3

$R_{\text{о.с}},$ кОм	$U_{\text{âõ}},$ В	$\sum U_{\text{âõ}},$ В	$U_{\text{âõ}},$ В	$U_{\text{âõ}} - \sum U_{\text{âõ}},$ В	$K_{U_{\text{оп}}} = -\frac{U_{\text{вых}}}{\sum U_{\text{вх}}}$
10	$U_1 =$	$U_1 =$			
	$U_1 =$ $U_2 =$	$U_1 + U_2 =$			
	$U_1 =$ $U_2 =$ $U_3 =$	$U_1 + U_2 + U_3 =$			
	$U_1 =$	$U_1 =$		-	

20	$U_1 =$	$U_1 + U_2 =$		–	
	$U_2 =$			–	
	$U_1 =$	$U_1 + U_2 + U_3 =$		–	
	$U_2 =$			–	
	$U_3 =$			–	

11.6. Изменить значение сопротивления обратной связи. В схеме дѐй. 3 вместо резистора R15 подключить резистор R14 ($R14 = 20$ кОм).

11.7. Установить шкалу прибора $\hat{A}-26$ на предел измерения 10 В.

11.8. Повторить пп. 11.3–11.5 с учетом $R14 = 20$ кОм. В этом случае абсолютная погрешность суммирования не вычисляется.

Результаты измерений и вычислений занести в табл. 3 и проанализировать, как изменится коэффициент усиления сумматора.

11.9. Предъявить результаты преподавателю.

11.10. Выключить тумблер питания макета и разобрать схему.

11.11. Выключить приборы и стенд ЛРС–2Р.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Программа работы.
3. Принципиальные электрические схемы инвертирующего, неинвертирующего и суммирующего операционных усилителей.
4. Таблицы с результатами измерений и вычислений.
5. Краткие выводы по работе.

Контрольные вопросы

При **допуске** к лабораторной работе надо ответить на вопросы:

1. Цель и программа работы.
2. Назначение и область применения ОУ.
3. Что представляет собой ОУ?
4. Что такое инвертирующий и неинвертирующий входы ОУ?
5. Как определяется коэффициент усиления ОУ для исследованных схем его включения?

При **защите** лабораторной работы необходимо ответить на все вышеперечисленные вопросы и, кроме того:

1. Объяснить назначение всех элементов на схеме включения ОУ.
2. Начертить схему и объяснить работу инвертирующего, неинвертирующего и суммирующего ОУ.

3. Уметь теоретически доказать, что коэффициент усиления ОУ зависит от соотношения сопротивлений цепи прямой и обратной связи, причем по-разному для конкретной исследуемой схемы.

4. Объяснить назначение балансировки ОУ.

Лабораторная работа № 35

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (НА БАЗЕ ТТЛ-ЭЛЕМЕНТОВ)

Цель работы

1. Изучить принципы построения транзисторно-транзисторных логических схем (ТТЛ).

2. Приобрести практические навыки по использованию и применению логических схем.

3. Экспериментально изучить логические операции умножения (конъюнкции), сложения (дизъюнкции), отрицания (инверсии), которые осуществляются с помощью логических схем И, ИЛИ, НЕ.

4. Экспериментально подтвердить теоретические знания, полученные на лекциях и самостоятельных занятиях по логическим схемам.

Схема лабораторной установки

Лабораторная установка включает в себя макет с логическими схемами 2И–НЕ (микросхема 155ЛА3 – четыре элемента 2И–НЕ), обозначенные на макете Д1.1, Д1.2, Д1.3, Д1.4, стенд ЁДÑ–2Д, на котором размещается оборудование: источник питания, вольтметр универсальный В7–26.

Программа работы

1. Изучить схему и устройство лабораторного макета и стенда.

2. Экспериментально проверить работу двухвходовой схемы 2Ё–ІА.

3. Произвести исследование схем ИЛИ, НЕ, 2И на базе элементов 2Ё–ІА.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с электрической схемой, приборами и элементами лабораторного макета и стенда ЁДÑ–2Д. Ответить на контрольные вопросы и

расписаться в журнале по технике безопасности. Получить разрешение на выполнение лабораторной работы.

2. Убедиться, что все тумблеры стенда и макета находятся в положении "ВЫКЛ" (положение тумблера вниз).

3. Подключить лабораторный макет к разъему, который находится на боковой панели стенда ЛРС-2Р.

4. Включая тумблер на лабораторном макете, подать питание на логические схемы.

5. Проверить логическое состояние ячейки "2И-НЕ" рис. 1, для этого подключить входы 1 (X1.1) и 2 (X1.2) схемы Д1.1 к двум клеммам "Логический нуль" и "Логическая единица" (на макете обозначенные "0" и "1" согласно табл. 1) и фиксировать логическое состояние выхода схемы (У1) при различных комбинациях входных сигналов. Логическое состояние определяется с помощью светодиодов, подключенных на выходе схемы. Горящий светодиод соответствует состоянию "логическая единица", погашенный – "логический нуль". Результаты эксперимента занести в табл. 1.

Таблица 1

Логическое состояние		
X1.1	X1.2	У1
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

6. Отключить провода от входов и выходов схемы Д1.1. Отключить тумблер "ВКЛ" лабораторного макета.

7. Исследовать схему НЕ (логический инвертор).

7.1. Собрать схему НЕ на базе элемента 2И-НЕ (рис. 2).

7.2. Включить тумблер питания "ВКЛ" на лабораторном макете. Подавая на вход X1.1 логический нуль или логическую единицу, фиксировать логическое состояние выхода схемы (У1). Результаты эксперимента занести в табл. 2.

7.3. Выключить тумблер питания макета и разобрать схему НЕ.

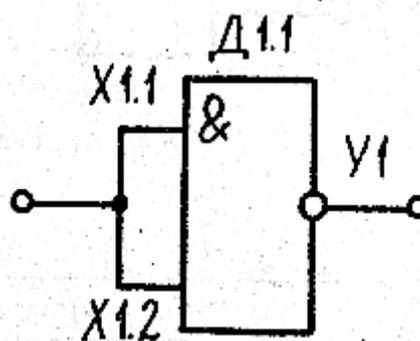
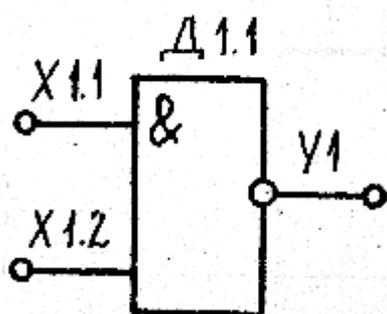


Рис. 1. Схема И–НЕ

Рис. 2. Схема НЕ

Таблица 2

Логическое состояние	
X1.1	Y1
0	
1	

8. Исследовать схему И.

8.1. Собрать схему двухвходового элемента И на базе элементов 2И-НЕ (рис. 3).

8.2. Включить лабораторный макет тумблером "ВКЛ". При различных комбинациях входных сигналов, переключая входы X1.1 и X1.2 с логического нуля на логическую единицу, фиксировать логическое состояние выхода схемы (О2) в каждом случае. Логическое состояние определить с помощью светодиода. Результаты эксперимента занести в табл. 3.

8.3. Выключить тумблер питания лабораторного макета, разобрать схему.

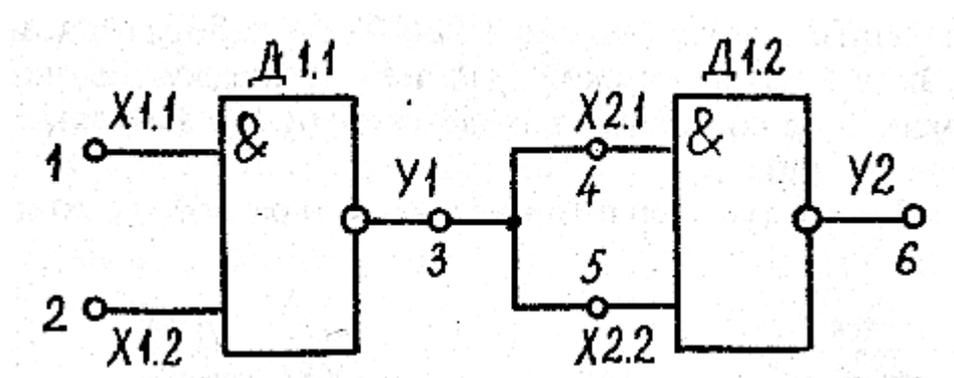


Рис. 3 Схема И

Таблица 3

Логическое состояние		
X1	X1.2	Y2
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

9. Произвести исследование схемы ИЛИ, собранной на базе элементов 2È-1Ã.

9.1. Собрать схему ИЛИ (рис. 4). Показать собранную схему преподавателю или лаборанту и получить разрешение на включение макета.

9.2. Включить питание лабораторного макета. При различных комбинациях входных сигналов, переключая входы X1.1 и X1.2 с логического нуля на логическую единицу, согласно табл. 3 фиксировать логическое состояние выхода схемы (ÓЗ) в каждом случае. Результаты эксперимента занести в табл. 4.

Таблица 4

Логическое состояние		
X1.1	X2.1	Y3
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

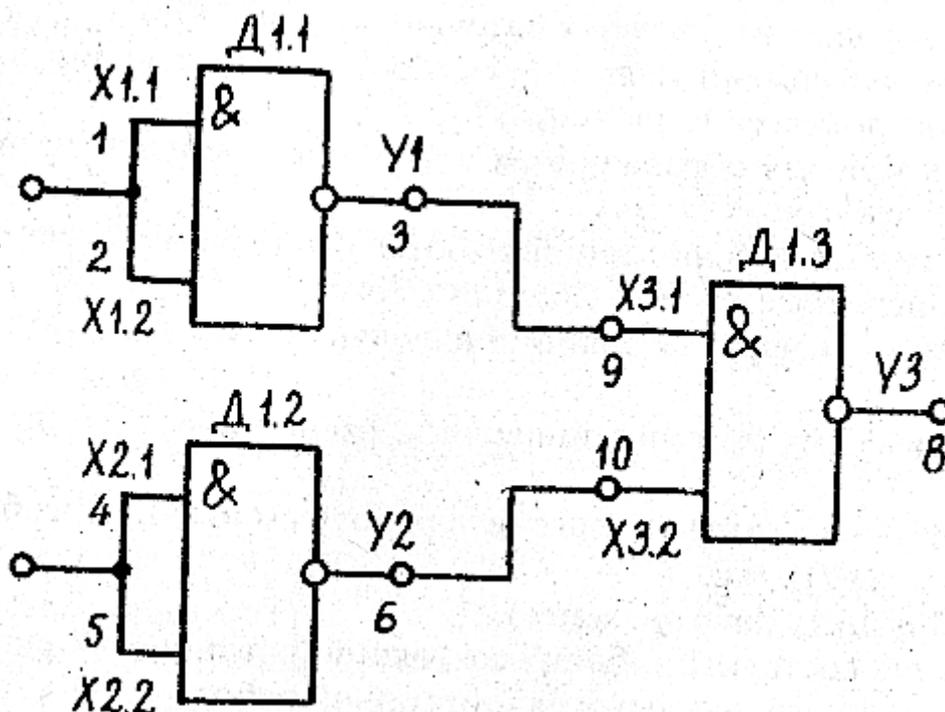


Рис. 4 Схема ИЛИ

10. Предъявить таблицу с результатами экспериментальных исследований преподавателю.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Программа работы.
3. Принципиальная электрическая схема базового элемента И–НЕ транзисторно-транзисторной логики (на 2 входа).
4. Структурные схемы логических элементов ИЛИ и НЕ, собранных на базе элемента 2И–НЕ.
5. Таблицы с результатами измерений и логическими состояниями исследуемых элементов.
6. Краткие выводы по работе.

Контрольные вопросы

При **допуске** к лабораторным работам:

1. Какова цель и программа работы?
2. Каково назначение и область применения логических элементов?
3. Что такое логическое сложение, умножение, отрицание?
4. Какой элемент является базовым в схемах ТТЛ?
5. Как логический ноль и логическая единица кодируются в потенциальных логических элементах?
6. Как условно обозначаются логические элементы на принципиальных и структурных схемах?

При **защите** лабораторной работы необходимо ответить на все вышеперечисленные вопросы и, кроме того:

1. Уметь начертить принципиальную схему базового элемента ТТЛ.
2. Объяснить по принципиальной схеме работу схемы 2И–НЕ в ТТЛ.
3. Уметь начертить и объяснить работу схемы ИЛИ, собранной на базе элементов 2И–НЕ.
4. Объяснить работу схемы НЕ.

5. Уметь составить таблицу состояний (истинности) для всех логических схем, исследованных в лабораторной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забродин Ю. С. Промышленная электроника. – М. : Высш. шк., 1982. – 496 с.
2. Основы промышленной электроники / Под ред. В. Г. Герасимова. – М. : Высш. шк., 1986. – 336 с.
3. Касаткин А. С., Немцов М. В. Электротехника. – М. : Высш. шк., 1999. – 542 с.
4. Справочное пособие по основам электротехники и электроники / Под ред. А. В. Нетушила. – М. : Энергоатомиздат, 1997. – 344 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Основные правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ в лаборатории электроники.....	5
2. Основные правила пользования электронным универсальным вольтметром В7–26.....	7
3. Основные правила пользования электронным осциллографом С1–72.....	9
4. Описание генератора звуковых сигналов	12
Лабораторная работа № 31. Исследование полупроводникового выпрямительного диода и стабилитрона.....	13
Лабораторная работа № 32. Исследование выпрямителей.....	18
Лабораторная работа № 33. Исследование двухкаскадного усилителя.....	24

Лабораторная работа № 34. Исследование операционного усилителя.....	28
Лабораторная работа № 35. Исследование цифровых логических элементов на базе ТТЛ-элементов.....	35
Список литературы.....	40

***Потоцкий Андрей Петрович
Русанов Александр Викторович***

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания
к лабораторным работам № 31–35
по промышленной электронике
для студентов всех специальностей

Редактор М. Б. Кановская

Корректор Н. И. Михайлова

ЛР № 020414 от 12. 02. 97

Подписано в печать 18.12.2000. Формат 60×84 1/16. Бум. писчая

Печать офсетная Усл. печ. л. 2,56. Печ. л. 2,75. Уч.-изд. л. 2,38

Тираж 500 экз. Заказ ?

С 41

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИПЦ СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9