

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)
Техникум
(Техникум ФГБУ ВО РГУПС)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по выполнению лабораторных работ

ОП.04 Электроника и микропроцессорная техника

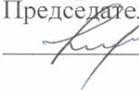
для специальности
23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог.

Базовая подготовка среднего профессионального образования

Ростов-на-Дону
2016 г.

Рассмотрены
Предметной (цикловой)
комиссией специальности
«Общепрофессиональных
дисциплин»

Методические указания к
выполнению лабораторных и
практических работ разработаны на
основе рабочей программы
дисциплины

Протокол № 1
от «30» 08 2016 г.
Председатель:
 (Родионов С. А.)

Заместитель директора по УМР


Разработчик: Рубцова Г. Б., преподаватель техникума ФГБОУ ВО
РГУПС.

Рекомендовано объединенной методической комиссией техникума ФГБУ
ВО РГУПС

Протокол № от «1» 26.08 2016 г.

Содержание

№	Наименование	Стр.
1	Пояснительная записка	4
2	Требования, предъявляемые к технике безопасности	5
3	Указания по выполнению лабораторных работ	7
4	Лабораторная работа № 1 Исследование работы полупроводникового диода	8
5	Лабораторная работа № 2 Исследование работы полупроводникового стабилитрона	12
6	Лабораторная работа № 3 Исследование работы биполярного транзистора	16
7	Лабораторная работа № 4 Исследование работы усилительных каскадов	20
8	Лабораторная работа № 5 Исследование работы операционного усилителя	25
9	Лабораторная работа № 6 Исследование работы импульсных схем – мультивибратора	29
10	Лабораторная работа № 7 Исследование работы импульсной схемы блокинг-генератора	33
11	Лабораторная работа № 8 Исследование работы выпрямителей и сглаживающих фильтров	35
12	Лабораторная работа № 9 Исследование работы управляемого выпрямителя	38
13	Лабораторная работа № 10 Исследование работы автономного инвертора	41
14	Перечень рекомендуемой литературы	44

1. Пояснительная записка

Лабораторные работы по дисциплине «Электроника и микропроцессорная техника» позволяют экспериментально проверить основные положения теории, приобрести навыки по сборке электронных схем, научиться снимать характеристики электронных полупроводниковых приборов, определять основные параметры электронных усилителей и генераторов, изучить работу неуправляемых и управляемых выпрямителей,

приобрести навыки работы с осциллографом. Участие в экспериментах вырабатывает у студентов практические навыки по методике проведения опытов и обработке их результатов. По полученным результатам лабораторного исследования, студенты, должны научиться оценивать достоинства и недостатки исследуемых электронных схем и приборов, а так же возможность их использования для нужд железнодорожного транспорта.

Лабораторные работы выполняются в 4 и 5 семестрах в объеме 20 часов.

Предусмотрено выполнение следующих лабораторных работ:

Лабораторная работа № 1 Исследование работы полупроводникового диода.

Лабораторная работа № 2 Исследование работы полупроводникового стабилизатора.

Лабораторная работа № 3 Исследование работы биполярного транзистора.

Лабораторная работа № 4 Исследование работы усилительных каскадов.

Лабораторная работа № 5 Исследование работы операционного усилителя.

Лабораторная работа № 6 Исследование работы импульсных схем мультивибратора.

Лабораторная работа № 7 Исследование работы импульсной схемы блокинг-генератора.

Лабораторная работа № 8 Исследование работы выпрямителей и сглаживающих фильтров.

Лабораторная работа № 9 Исследование работы управляемых выпрямителей.

Лабораторная работа № 10 исследование работы автономного инвертора.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студент должен тщательно изучить содержание работы; повторить теоретический материал, связанный с выполнением данной работы; подготовить таблицы для занесения результатов наблюдений и вычислений. Лабораторные работы выполняются группами по 3—4 человека.

2. Требования, предъявляемые к технике безопасности

при работах в лаборатории «Электротехники и электроники».

Лабораторные стенды в лаборатории являются действующими устройствами, отдельные элементы которых находятся под напряжением. Поэтому при определенных условиях, возникающих из-за нарушения установленных правил, лабораторные стенды могут стать источником поражения человека электрическим током и других видов травматизма.

Политика лаборатории заключается в том, чтобы студенты максимально самостоятельно работали с оборудованием лаборатории, что создаёт дополнительную опасность при выполнении лабораторных работ.

Тело человека обладает электропроводностью, и поэтому при соприкосновении с двумя неизолированными элементами установки, находящимися под напряжением, через тело человека проходит электрический ток. Достигнув опасных значений, этот ток приводит либо к сильным ожогам (электрическая травма), либо к тяжелым поражениям нервной, сердечной и дыхательной систем организма человека (электрический удар). Последствия поражения электрическим током бывают тяжелыми и могут привести к смертельному исходу.

При несоблюдении правил техники безопасности учащийся подвергается не только опасности поражения электрическим током. Необходимо помнить, что многие элементы схемы лабораторной установки, находящиеся под напряжением, доступны для прикосновения, поэтому учащиеся в лаборатории должны соблюдать исключительную осторожность.

Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ.

1. Приступая к работе, следует ознакомиться с приборами, способами их включения, используя краткое описание лабораторного стенда, приведённое в инструкционной карте.
2. Сборка электрических схем должна производиться проводами с исправной изоляцией.

3. Запрещается, касается руками клемм (гнезд), находящихся под напряжением. Наличие напряжения на клеммах приборов и элементах схемы следует проверять только измерительными приборами.
4. Подача питающих напряжений на собранный блок должна производиться только после проверки схемы преподавателем.
5. Все переключения в электрической схеме блока необходимо производить при отключённом источнике питания и выключенном сетевом тумблере.
6. Схеме можно разобрать только при выключенном стенде.
7. Запрещается оставлять схему, находящуюся под напряжением, без надзора.
8. Необходимо отключить схему от питающих напряжений в случае перерыва в работе.
9. Во время выполнения лабораторной работы категорически запрещается хождение по лаборатории.
10. О любой неисправности необходимо немедленно сообщить преподавателю.
11. После окончания работы, полученные результаты следует показать преподавателю, после чего разобрать схему, аккуратно сложить соединительные провода, однолучевые и двухлучевые отдельно.
12. Инструктаж по технике безопасности должен быть зафиксирован в специальном журнале, где каждый учащийся должен расписаться.

3. Указания по выполнению лабораторных работ

1. Каждый студент обязан выполнять правила внутреннего распорядка лаборатории и строго соблюдать требования техники безопасности.
2. К выполнению каждой лабораторной работы студент должен заблаговременно подготовиться по соответствующей инструкционной карте и указанной в ней литературе.
3. Каждая лабораторная работа проводится на определенном рабочем месте. Смена рабочего места, перестановка приборов, аппаратов с одного

рабочего места на другое может быть допущена только с разрешения преподавателя.

4. Перед началом выполнения лабораторной работы нужно ознакомиться с оборудованием стенда.

5. Включать источник питания к собранной цепи можно только с разрешения преподавателя. Перед любым переключением в цепи или на время отыскания повреждений в монтаже питание следует отключать.

6. Результаты лабораторной работы необходимо показывать преподавателю до разборки цепи.

7. Разборка цепи производится с разрешения преподавателя.

Лабораторная работа № 1.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА.

Цель работы: ознакомление с основными свойствами полупроводникового диода, снятие прямой и обратной ветви его вольтамперной характеристики.

Оборудование: лабораторный стенд, блок №1, соединительные провода.

Теоретический материал темы

Полупроводниковый диод состоит из двух полупроводников с разными типами проводимости. Работа полупроводникового диода основана на использовании свойства электронно-дырочного перехода. Если полупроводниковый диод включить в сеть так, чтобы плюс источника был

подключён к полупроводнику с p -проводимостью, а минус к полупроводнику с n -проводимостью, то внешнее электрическое поле будет направлено против внутреннего электрического поля запирающего слоя.

В результате этого потенциальный барьер уменьшается, запирающий слой становится меньше и основные носители электрических зарядов электроны начинают перемещаться, т.е. в цепи начинает протекать электрический ток.

С увеличением внешнего напряжения уменьшается запирающий слой, и ток во внешней цепи увеличивается.

Подключение внешнего источника напряжения плюсом к p -полупроводнику, а минусом к n -полупроводнику называется прямым включением, а возникающий при этом ток – прямым током $I_{пр}$.

При смене полярности подключения источника напряжения к полупроводниковому диоду внешнее и внутреннее электрические поля будут направлены одинаково. Это приведёт к увеличению напряжённости электрического поля в запирающем слое, в результате чего потенциальный барьер увеличивается, запирающий слой становится больше и основные носители тока будут как бы «оттягиваться» от пограничного слоя. Таким образом, сопротивление электронно-дырочного перехода для основных носителей тока резко возрастает и $I_{пер}$ практически становится равным нулю. Однако в цепи будет протекать очень маленький ток, обусловленный наличием свободных электронов, имеющих большую энергию и свободных прорваться через запирающий слой.

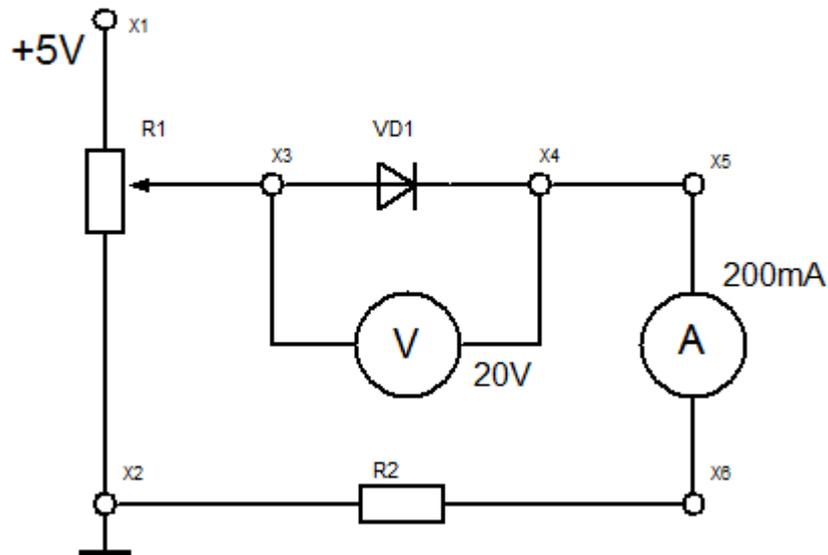
Подключение внешнего источника напряжения плюсом к n -полупроводнику, а минусом к p -полупроводнику называется обратным включением, а возникающий при этом ток $I_{обр}$ – обратным током.

Для сравнения свойств различных типов полупроводниковых диодов пользуются их *вольтамперными характеристиками*.

Вольтамперная характеристика показывает зависимость токов $I_{пр}$ и $I_{обр}$, протекающих через диод, от приложенного к ним напряжения.

Порядок выполнения работы

Задание № 1. Снятие прямой ветви ВАХ полупроводникового диода.



Ход работы.

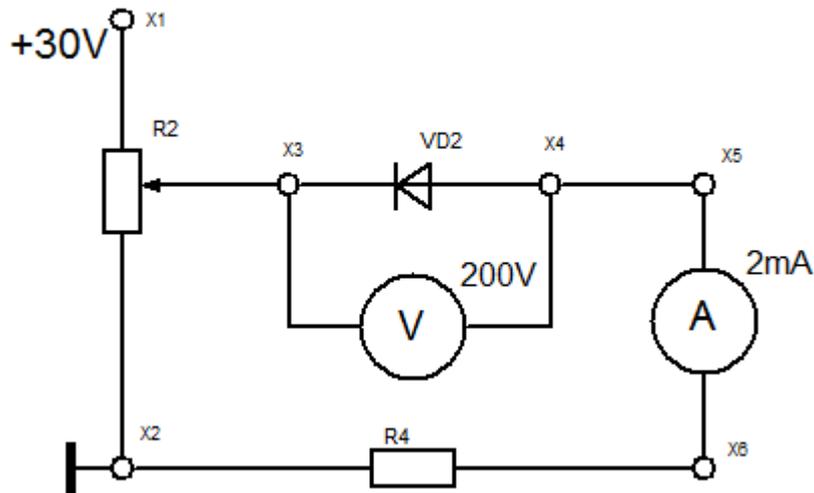
1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.
2. На одном из источников питания с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром на пределе измерения 20В.
3. Выключить сетевой тумблер.
4. Ручку потенциометра R1 повернуть против часовой стрелки до упора.
5. Подать питание на исследуемую схему: «+» - X1, «-» - X2.
6. Подключить измерительные приборы: амперметр с пределом измерения 200mA, вольтметр с пределом измерения 20В, соблюдая полярность.
7. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ.
8. Поворачивая ручку потенциометра R1 по часовой стрелке, изменять прямое напряжение на диоде в пределах, указанных в таблице №1.

Таблица № 1

$U_{\text{пр.}}, \text{В}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
$I_{\text{пр.}}, \text{mA}$							

9. Выключить сетевой тумблер.

Задание № 2. Снятие обратной ветви ВАХ диода.



1. Выставить на одном из источников питания напряжение 30В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке.
2. Подать питание на исследуемую схему: «-» - X1, «+» - X2 предварительно повернув ручку потенциометра R2 против часовой стрелки до упора.
3. Подключить измерительные приборы: амперметр с пределом измерения 2mA, вольтметр с пределом измерения 200В, соблюдая полярность.
4. После проверки схемы преподавателем, выключить сетевой тумблер.
5. Поворачивая ручку потенциометра R2 по часовой стрелке, изменять обратное напряжение на диоде в пределах, указанных в таблице № 2.

Таблица №2

$U_{\text{ОБР.}}, \text{В}$	0	5	10	15	20	25	30
$I_{\text{ОБР.}}, \text{mA}$							

6. После окончания измерений отключить стенд, нажав кнопку СЕТЬ и выключив сетевой тумблер.
7. По данным таблицы № 1 и 2 построить ВАХ диода.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.

4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Таблицы № 1 и 2.
7. ВАХ диода.
8. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. В чём заключается основное свойство выпрямительного диода?
2. Работа диода в режиме прямого подключения.
3. Работа диода в режиме обратного подключения.
4. Что такое ВАХ?
5. Для чего нужно пользоваться ВАХ?

Лабораторная работа № 2.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО СТАБИЛИТРОНА.

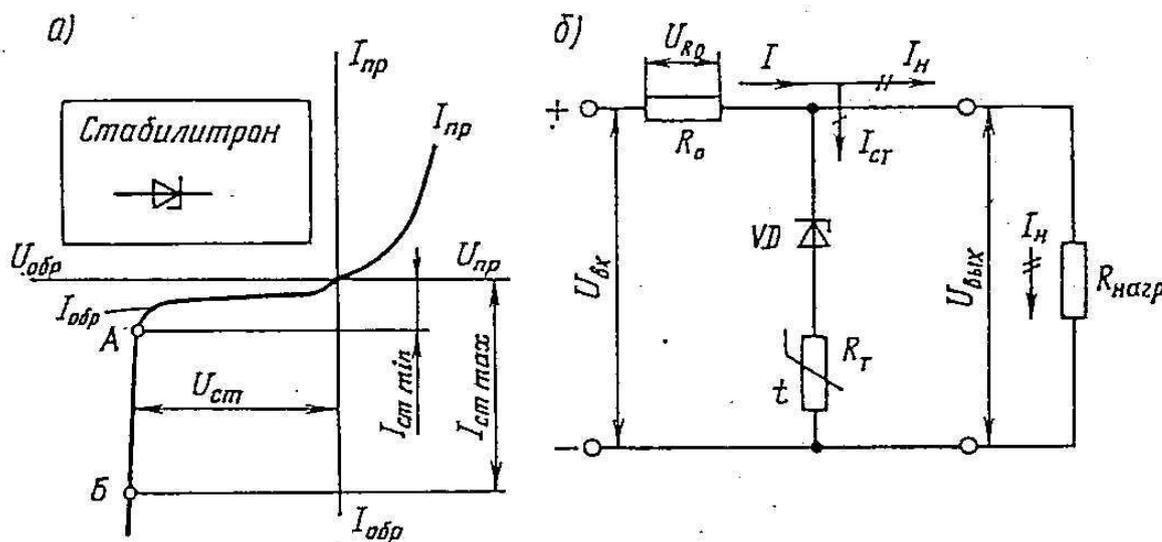
Цель работы: ознакомление с основными свойствами полупроводникового стабилитрона, снятие прямой и обратной ветви его вольт-амперной характеристики.

Оборудование: лабораторный стенд, блок №1, соединительные провода.

Порядок выполнения работы.

Теоретические положения

Стабилитрон – это кремниевый диод, работающий в режиме обратного напряжения и предназначенный для поддержания постоянным напряжения на нагрузке при колебании напряжения источника питания.

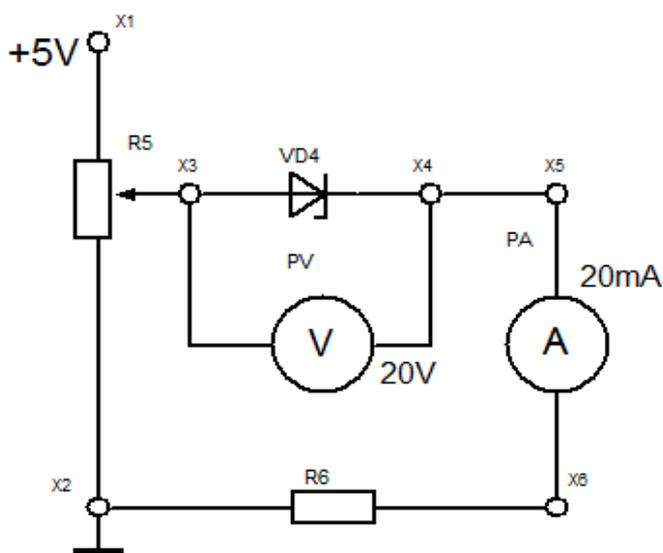


Отличительная особенность вольт-амперной характеристики этого диода – относительное постоянство напряжения, создаваемое на диоде после наступления электрического пробоя (участок AB).

На рабочем участке AB вольт-амперной характеристики в диапазоне обратных токов от $I_{ст.min}$ до $I_{ст.max}$ напряжение стабилизации $U_{ст}$ на стабилитроне изменяется незначительно и для практических целей считается стабильным. Данный участок характеристики стабилитрона используется для стабилизации напряжения на нагрузке $R_{нагр}$, параллельно которой его включают. При подаче входного напряжения $U_{вх}$ на стабилитрон VD происходит пробой тонкого слоя перехода с прохождением через него определённой силы тока $I_{ст}$. Увеличение входного напряжения сопровождается возрастанием тока через стабилитрон без увеличения падения напряжения в нём. Это достигается благодаря тому, что последовательно в цепь включён токоограничивающий резистор R_0 , падение напряжения на котором U_{R_0} , вызываемое током $I=I_{ст}+I_n$, изменяется за изменением входного напряжения. Резистор R_0 и стабилитрон VD включены

последовательно по отношению к U_{ex} и образуют делитель напряжения. Для температурной стабилизации, необходимой при больших токах, последовательно стабилитрону включают нелинейное сопротивление R_m (термистор), значение которого уменьшается с ростом температуры, что обеспечивает независимость стабилизирующего напряжения от температуры.

Задание № 1. Снятие прямой ветви ВАХ полупроводникового стабилитрона.



Порядок выполнения работы.

10. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.
11. На одном из источников питания с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром на пределе измерения 20В.
12. Выключить сетевой тумблер.
13. Ручку потенциометра R5 повернуть против часовой стрелки до упора.
14. Подать питание на исследуемую схему: «+» - X1, «-» - X2.
15. Подключить измерительные приборы: амперметр с пределом измерения 20mA, вольтметр с пределом измерения 20В, соблюдая полярность.
16. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ.
17. Поворачивая ручку потенциометра R5 по часовой стрелке, изменять прямое напряжение на стабилитроне в пределах, указанных в таблице №1.

13. После окончания измерений отключить стенд, нажав кнопку СЕТЬ и выключив сетевой тумблер.
14. По данным таблицы № 1 и 2 построить ВАХ стабилитрона.
15. По ВАХ и таблице определить напряжение стабилизации $U_{СТ}$.

Содержание отчёта.

9. Наименование лабораторной работы.
10. Цель работы.
11. Перечень приборов и оборудования.
12. Исследуемые схемы.
13. Результаты исследования.
14. Таблицы № 1 и 2.
15. ВАХ стабилитрона.
16. Определить напряжение стабилизации стабилитрона $U_{СТ}$.
17. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

6. В чём заключается основное свойство стабилитрона?
7. Как включается стабилитрон в схемах?
8. Чем определяется рабочая область стабилитрона?

Лабораторная работа № 3.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА.

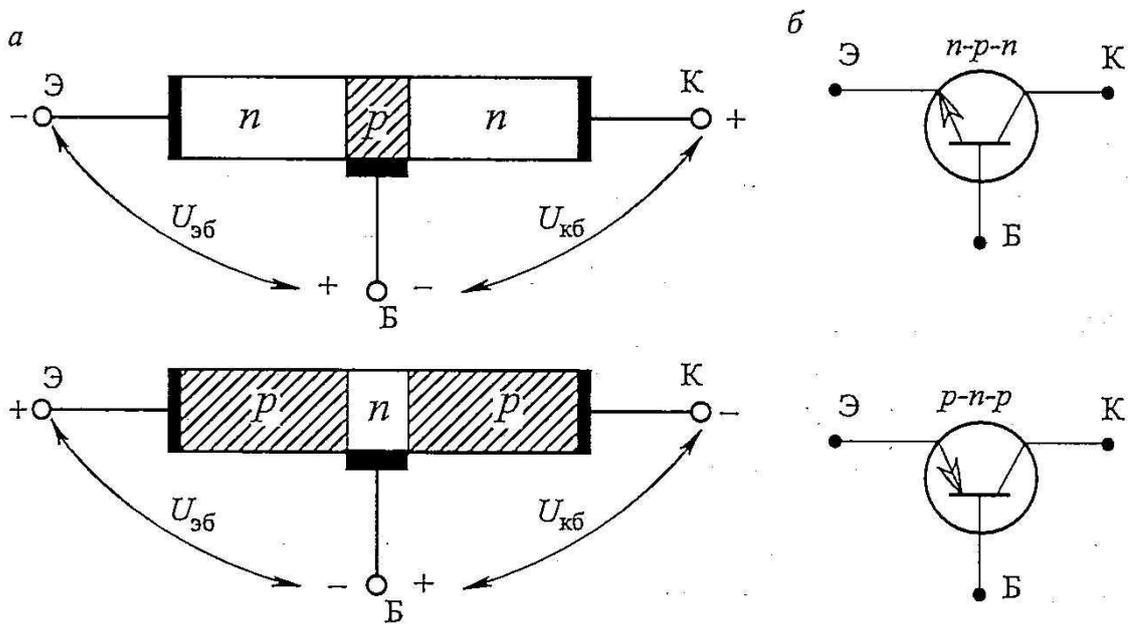
Цель работы: практическое ознакомление с основными свойствами биполярного транзистора, включённого по схеме с общим эмиттером (ОЭ), научиться снимать его выходные характеристики.

Оборудование: лабораторный стенд, блок № 2, соединительные провода.
Порядок выполнения работы.

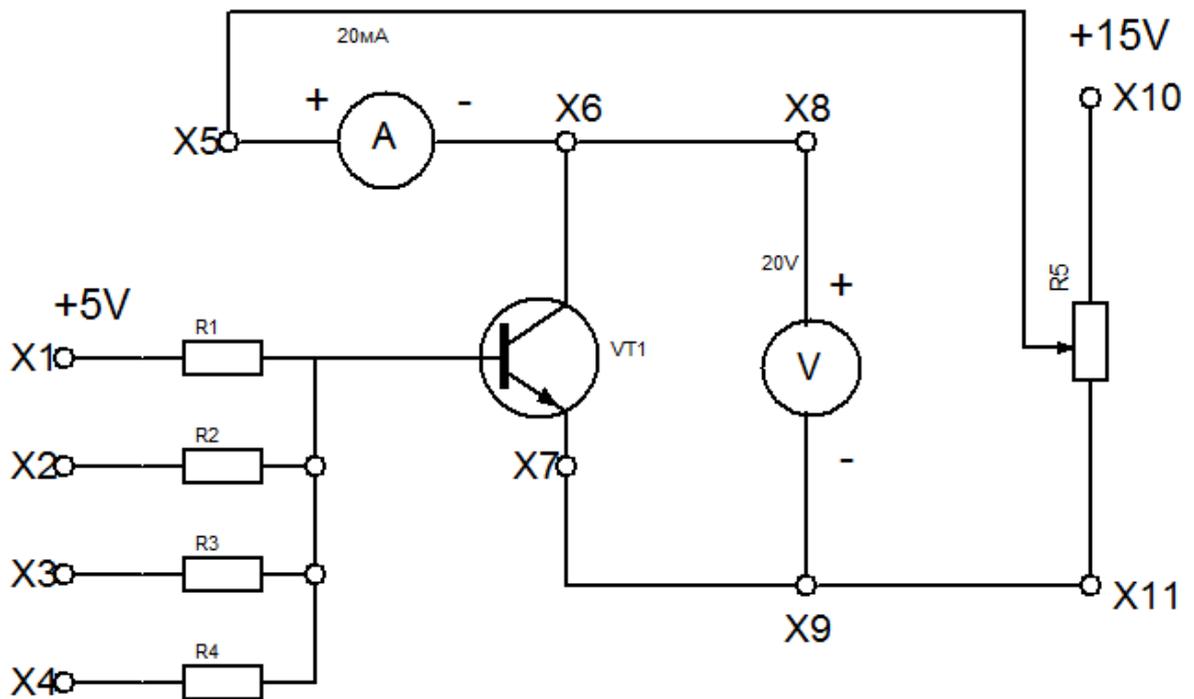
Теоретические положения

Транзистор представляет собой полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, позволяющий усиливать и генерировать электрические сигналы, а также коммутировать электрические цепи.

Основным элементом биполярного транзистора является монокристалл германия или кремния, в котором созданы три области с различной проводимостью. Две крайние области всегда имеют проводимость одинакового типа, противоположную проводимости средней области. У транзистора типа ***P-N-P*** крайние области обладают дырочной проводимостью, а средняя – электронной; у транзистора типа ***N-P-N*** крайние области имеют электронную проводимость, а средняя – дырочную. Физические процессы, протекающие в транзисторах обоих типов, аналогичны. Средняя область транзистора называется базой ***Б***, одна из крайних областей – эмиттером ***Э***, другая – коллектором ***К***.



Порядок выполнения работы.



Снятие выходной характеристики биполярного транзистора.

1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.
2. На источнике питания V1 с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром.
3. На источнике питания V2 выставить напряжение 15В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.
4. Выключить сетевой тумблер.
5. Соединить источник питания V1 со входом транзистора согласно схеме («->» – источника подать на общую точку).
6. Соединить источник питания V2 с выходными клеммами транзистора согласно схеме.
7. Ручку потенциометра R5 повернуть против часовой стрелки до упора.
8. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерения согласно схеме, соблюдая указанную полярность. Предварительно вставить токовый шунт в мультиметр, работающий в режиме измерения тока, на указанном пределе измерения.
9. После проверки схемы включить сетевой тумблер.
10. Поворачивая ручку потенциометра R5 по часовой стрелке, изменять напряжение коллектора $U_{КЭ}$ в пределах, указанных в таблице.
11. Для каждого фиксированного значения $U_{КЭ}$ измерить ток коллектора $I_{К}$. Результаты измерений занести в таблицу.
12. Аналогичные измерения произвести при подключении входного напряжения – 5В к клеммам X2, X3, X4. Результаты измерений

занести в таблицу. Ручку потенциометра R5 поворачивать в исходное положение при каждом измерении уровня входного сигнала I_B .

13. Сетевой тумблер выключить.

Таблица

$U_{КЭ}, В$	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	4	6	8
I_K, mA при $R_1 (I_{B1})$											
I_K, mA при $R_2 (I_{B2})$											
I_K, mA при $R_3 (I_{B3})$											
I_K, mA при $R_4 (I_{B4})$											

14. По данным таблицы построить выходные характеристики $I_K = f(U_{КЭ})$ при разных уровнях входного сигнала I_B . На характеристике указать соотношения тока базы.



Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемая схема.
5. Результаты исследований.
6. Таблица.
7. Выходная характеристика биполярного транзистора $I_K = f(U_{КЭ})$ при $I_B = \text{const}$.
8. Выводы по характеристикам.
9. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Почему схема ОЭ нашла наибольшее применение?
2. Какие характеристики являются входными для схемы ОЭ?

3. Какое соотношение существует между токами в биполярном транзисторе?
4. Чем отличаются транзисторы р-п-р от п-р-п?

Лабораторная работа № 4.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ.

Цель работы: практическое ознакомление с особенностью усилительных каскадов с общим эмиттером (ОЭ).

Оборудование: лабораторный стенд, блок № 3 (схемы А1, А2), соединительные провода.

Теоретические положения

Усилитель – это устройство, преобразующее электрические колебания небольшой мощности, поступающие на вход, в электрические колебания большой мощности на выходе.

Усилители являются основными узлами радиотехнической аппаратуры, так же они используются в устройствах автоматики и телемеханики.

Классификация электронных усилителей.

Усилители подразделяют по нескольким признакам, основные из которых:

1. по диапазону электрических частот – это усилители низкой частоты (УНЧ), усилители высокой частоты (УВЧ), широкополосные, постоянного тока;
2. по роду усилительных элементов – на ламповые, полупроводниковые, магнитные;
3. по назначению усилители делят в зависимости от выходной мощности по отношению к входной – на усилители напряжения, тока и мощности. Межкаскадные связи усилителей делят на резисторно-ёмкостные, трансформаторные, резисторно-трансформаторные и резонансные.

Основные характеристики усилителей.

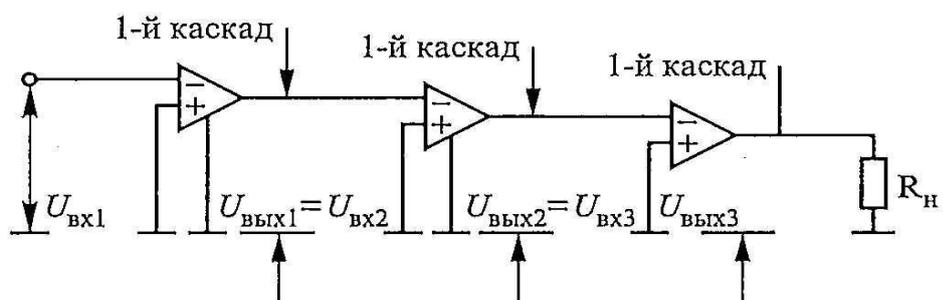
Коэффициент усиления – это отношение амплитуды выходного параметра к амплитуде входного параметра.

Коэффициент усиления по напряжению –

Коэффициент усиления по току –

Коэффициент усиления по мощности –

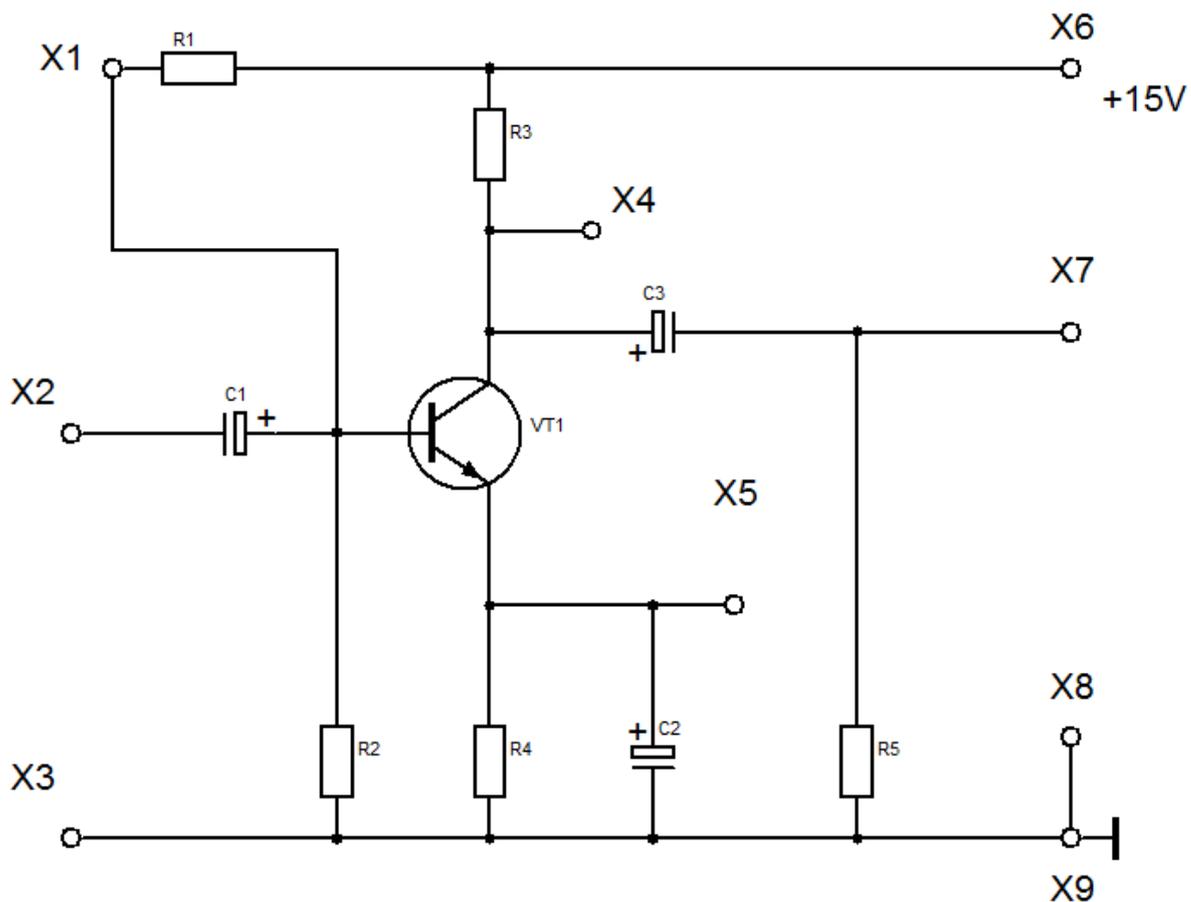
В случае когда недостаточно одного усилительного каскада для получения необходимого значения усиленного параметра применяют многокаскадные усилители, состоящие из последовательно соединённых отдельных каскадов обычно не более трёх. Коэффициент усиления многокаскадного усилителя равен произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов



Коэффициент усиления выражается в децибелах



Порядок выполнения работы



1. Снятие амплитудной характеристики каскада ОЭ.

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

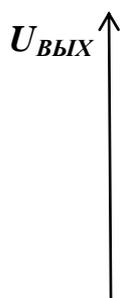
- 1.2. На одном из источников питания V1 или V2 выставить напряжение 15В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.
- 1.3. Подать питание на исследуемую схему: «+» - X6, «-» - X9.
- 1.4. Выключить сетевой тумблер.
- 1.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на вход каскада, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора двухлучевыми проводами соединить с входными клеммами каскада: «~» - X2, « » - X3 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20В.
- 1.6. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора (фиксации). Переключать ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 3 или 4.
- 1.7. Выход каскада соединить двухлучевыми проводами с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20В и входом осциллографа: X7 - «У», X8 - « ».
- 1.8. Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ. поставить в положение 5, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. в положение 1.
- 1.9. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ. нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.
- 1.10. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада в пределах, указанных в таблице 1. Для каждого фиксированного значения входного напряжения измерить мультиметром соответствующее выходное напряжение каскада. Результаты измерения занести в таблицу 1.

Таблица 1.

U _{ВХ} ,В	0	0,02	0,04	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6
U _{ВЫХ} ,В									
K _U									

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

1.12. По данным, полученным в результате измерений, рассчитать коэффициент усиления по напряжению $K_U = U_{ВЫХ} / U_{ВХ}$, занести его значения в таблицу и построить амплитудную характеристику.



—————→ $U_{ВХ}$

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

2. Снятие частотной характеристики.

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

2.2. Следить за изменением синусоиды на осциллографе и измеряя период рассчитать частоту

2.3. Переключателем ЧАСТОТА ГРУБО ступенчато изменять частоту входного напряжения, устанавливая его последовательно в положение 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

2.4. Измерить частоту входного сигнала и величину выходного напряжения для каждого положения переключателя. Одновременно наблюдать изменение частоты выходного сигнала на экране осциллографа, после чего отключить его нажатием кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2.

$U_{ВХ} = \text{const}$

Положение переключателя	1	2	3	4	5	6	7
f , кГц							
$U_{ВЫХ}$, В							
K_U							

2.5. По полученным данным рассчитать коэффициент усиления по напряжению K_U , занести его значения в таблицу и построить частотную характеристику каскада ОЭ.

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

3. Измерение параметров режима покоя.

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

Мультиметр, подключённый к выходным клеммам каскада, переключить на клемму X4 и X5 и перевести его в режим измерения постоянного напряжения на пределе измерения 20В. Измерить параметры режима покоя: $U_{БЭО}$, $U_{КЭО}$.

3.2. Нажать кнопку СЕТЬ и выключить сетевой тумблер.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Какова цель работы?
2. Что называется усилителем?
3. Основные характеристики усилителей.
4. Обратная связь в усилителях.

Лабораторная работа № 5.

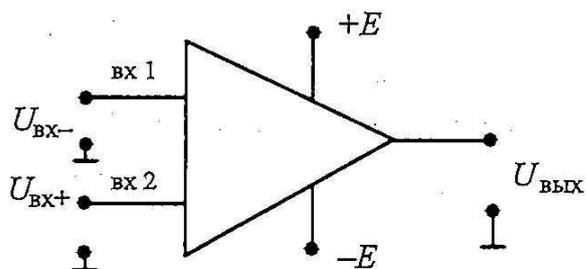
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ.

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

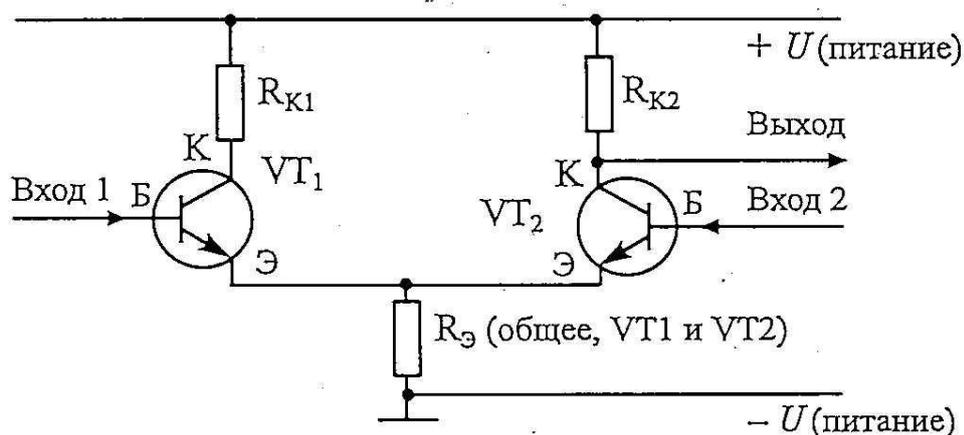
Оборудование: лабораторный стенд, блок №5, соединительные провода.
Исследование неинвертирующего усилителя.

Теоретические положения

Операционный усилитель – это высококачественный интегральный усилитель постоянного тока с дифференциальным входом и одноктактным выходом, предназначенный для работы в схемах с цепями обратных связей. Название усилителя обусловлено первоначальной областью его применения – выполнение различных операций над аналоговыми сигналами (сложение, вычитание, интегрирование и др.).

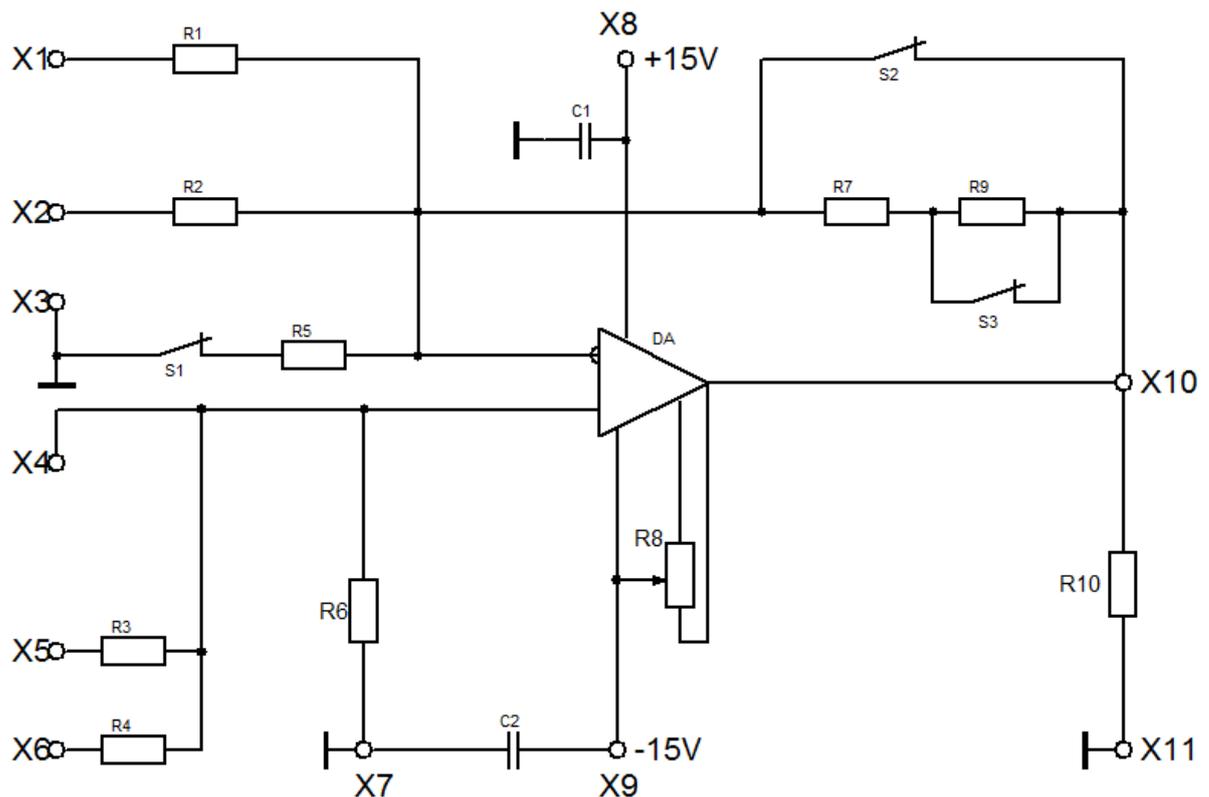


Идеальный ОУ имеет бесконечно большой коэффициент усиления по напряжению, бесконечно большое входное сопротивление, нулевое выходное сопротивление, бесконечно большой коэффициент отрицательной обратной связи и бесконечно широкую полосу пропускания.



Вход со знаком «+» является неинвертирующим, при подаче сигнала на него полярность сигнала на выходе не изменяется; вход со знаком «-» - инвертирующий, при подаче сигнала на него полярность сигнала на выходе меняется на противоположную. Питание ОУ двухполюсное, для большинства ОУ номинальное напряжение питания составляет ± 15 В.

Порядок выполнения работы



1. Изучение влияния входных сопротивлений на усилительные свойства неинвертирующего усилителя.

- 1.1. Ручки ГРУБО и ПЛАВНО источников питания V1 и V2 повернуть по часовой стрелке до упора, установив, таким образом, на каждом источнике напряжение питания 15В.
- 1.2. Соединить двухлучевым проводом «+» первого источника с «-» второго источника и с клеммой X7.
- 1.3. Подать питание на схему, соединив «-» первого источника с клеммой X9, а «+» второго источника с клеммой X8.
- 1.4. Произвести установку нуля операционного усилителя. Для этого необходимо:
 - к клеммам X10 и X11 (выход усилителя) подключить мультиметр на пределе измерения постоянного напряжения 20В;
 - включить сетевой тумблер и нажать кнопку СЕТЬ на блоке питания;
 - переменным сопротивлением R8 выставить минимальное напряжение на выходе ОУ. После этого отключить мультиметр и выключить сетевой тумблер.
- 1.5. Тумблер S1 поставить из исходного нижнего положения в верхнее.
- 1.6. Напряжение, предназначенное для усиления, подавать с выхода звукового генератора двухлучевыми проводами на вход усилителя : «~» - X4,

« » - X3 и на мультиметр. выставленный на измерение переменного напряжения с пределом измерения 2В.

1.7. Выход усилителя двухлучевыми проводами соединить со входом осциллографа: X10 – «У», X11 – « » и со вторым мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения с пределом измерения 20В.

1.8. Переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1 или 2. Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ поставить в положение 5, ВРЕМЯ/ДЕЛ – в положение 1.

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

1.10.С помощью ручки АМПЛИТУДА выставить входное напряжение $U_{вх}=1В$.

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

1.12.Последовательно подсоединения выход звукового генератора «~» к клеммам X5 и X6, наблюдать измерение амплитуды выходного сигнала. Показания мультиметра на выходе усилителя занести в таблицу 1 $U_{вх.}=1В$.

Таблица 1.

Входы	X4	X5	X6
$U_{вых}, В$			
K_U			

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

2. Изучение влияния обратной связи на усилительные свойства ОУ.

2.1. Выход звукового генератора «~» подключить к клемме X4.

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

2.3. Переключая тумблеры S2 и S3 из исходного положения в верхнее в различных комбинациях, измерить величину выходного сигнала для каждого случая. Одновременно наблюдать измерение сигнала на экране осциллографа. Результаты измерений занести в таблицу 2 $U_{вх.}=1В$.

Таблица 2.

Положение переключателя	S2 нижн. S3 нижн.	S2верх. S3нижн.	S2верх. S3верх.
$U_{вых. В}$			
K_U			

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

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

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Какова цель работы?
2. Что называется усилителем?
3. Основные характеристики усилителей.
4. Обратная связь в усилителях.

Лабораторная работа № 6.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНЫХ СХЕМ МУЛЬТИВИБРАТОРОВ.

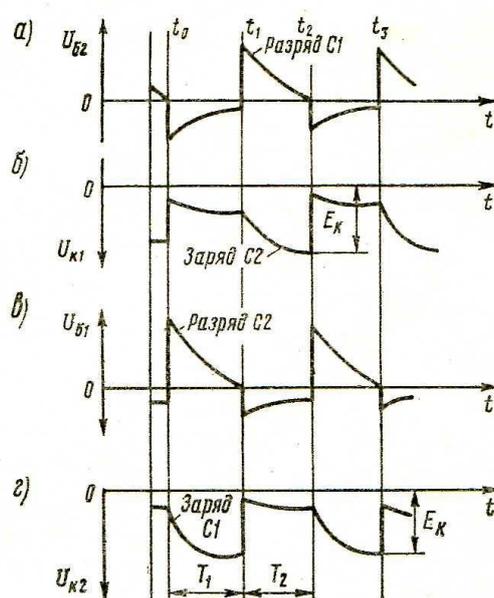
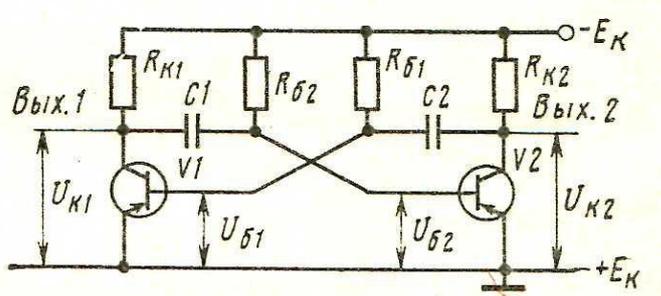
Цель работы: практическое ознакомление со схемами мультивибраторов.

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

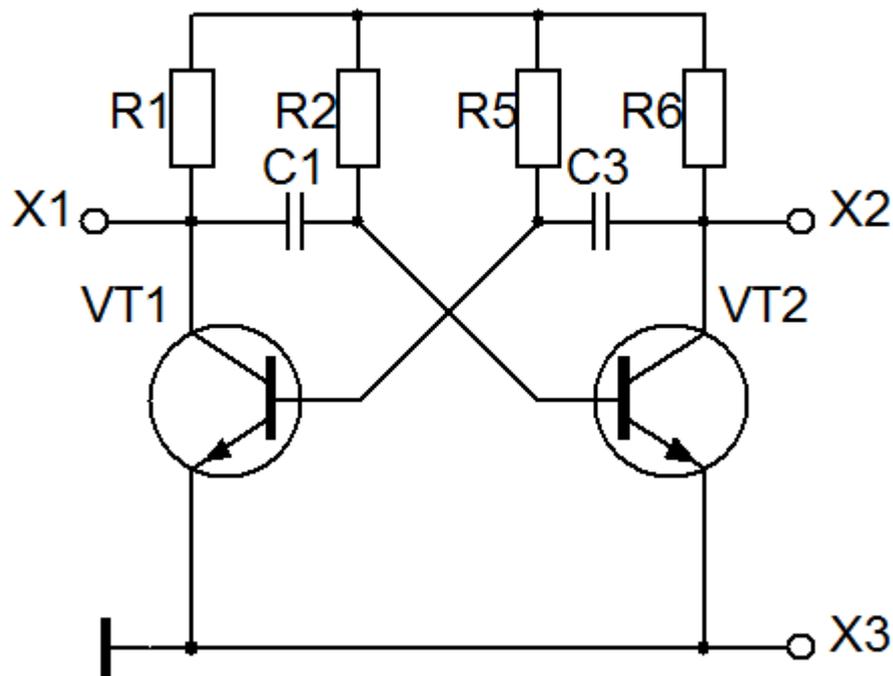
Теоретические положения

Мультивибратор – это генератор электрических импульсов, выполненный на базе двухкаскадного усилителя с положительной обратной связью.

Мультивибратор с самовозбуждением обладает двумя временно устойчивыми состояниями, смена которых происходит автоматически. Регулировку длительности выходных сигналов выполняют изменением параметров конденсаторов $C1$ и $C2$ или резисторов $R_{\delta 1}$ и $R_{\delta 2}$. При одинаковых параметрах резисторов и конденсаторов будут одинаковы между собой выходные сигналы. Такой мультивибратор называется **симметричным**.



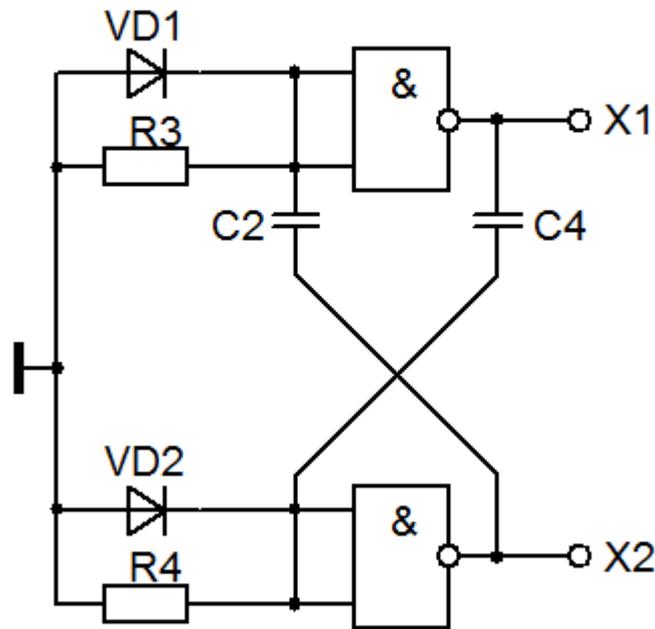
Порядок выполнения работы



Исследование мультивибратора на транзисторах.

1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и подключить ОСЦИЛЛОГРАФ.
2. На одном из источников питания с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром, выставленным на измерение постоянного напряжения на пределе измерения 20В.
3. Подать напряжение 5В с источника питания на клеммы X1 и X2, расположенные в нижней правой части схемы, согласно указанной полярности. Таким образом обеспечивается питание всех схем блока.
4. Поставить переключатели осциллографа: ВОЛЬТ/ДЕЛ – в положение 1В, ВРЕМЯ/ДЕЛ – в положение 1мс.
5. Вход осциллографа подключить к одному из выходов мультивибратора: «Y» – X1, « » - X3.
6. По осциллографу определить амплитуду и скважность импульсов. Зафиксировать осциллограмму.
7. Подключить осциллограф ко второму выходу мультивибратора переключив вход «Y» осциллографа к клемме X2.
8. Убедится, что амплитуда и скважность импульсов на обоих выходах одинаковы, а импульсы взаимно инверсны.

Исследование мультивибратора на микросхеме.



1. Вход «Y» осциллографа подключить к клемме X1, а вход «X» оставить в прежнем положении, т.е. на клемме X3 на схеме мультивибратора на транзисторах.
 2. Поставить переключатели на осциллографе: ВОЛЬТ/ДЕЛ – в положение 0,5В, ВРЕМЯ/ДЕЛ – в положение 50мкс.
 3. По осциллографу определить амплитуду и скважность импульсов. Зафиксировать осциллограмму.
 4. Подключить осциллограф ко второму выходу мультивибратора, переключив вход «Y» к клемме X2.
 5. Убедитесь, что амплитуда и скважность импульсов на обоих выходах одинаковы, а импульсы взаимно инверсны.
- Скважность импульсов:

—

$T_{И}$ – период следования;
 $t_{И}$ – длительность импульса.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.

3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Какова цель работы?
2. Что называется мультивибратором?
3. Какие бывают мультивибраторы?
4. Описать работу симметричного мультивибратора.

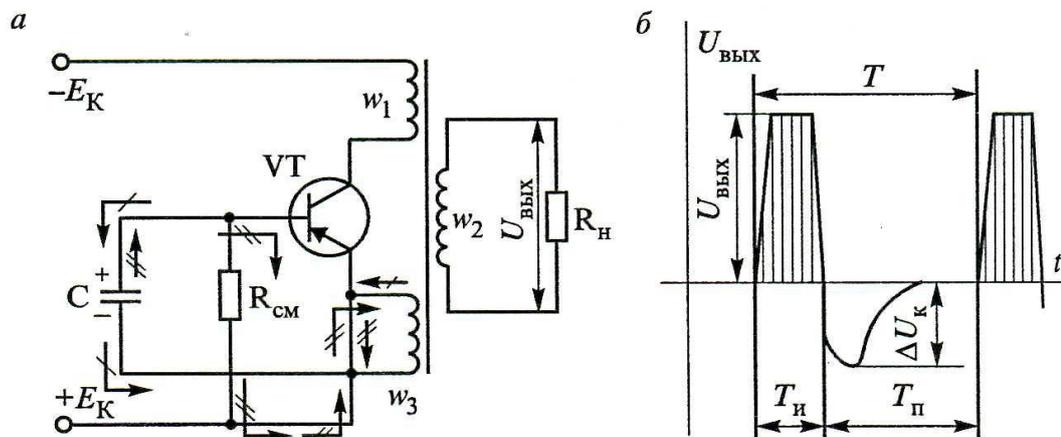
Лабораторная работа № 7.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНОЙ СХЕМЫ
БЛОКИНГ – ГЕНЕРАТОРА.**

Цель работы: практическое ознакомление со схемой блокинг – генератора.

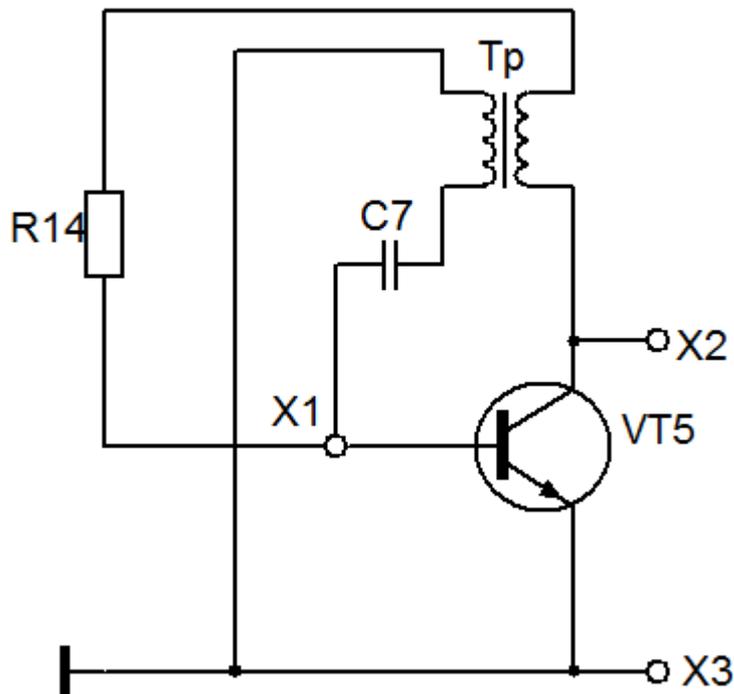
Оборудование: лабораторный стенд, блок № 6, соединительные провода.

Теоретические положения



Блокинг-генератор позволяет получить мощные импульсы малой длительности и с очень крутым фронтом. Он позволяет осуществить трансформаторную связь с нагрузкой, что бывает необходимо. Блокинг-генератор может работать в режиме автоколебаний и в ждущем режиме. В первом случае на выходе блокинг-генератора непрерывно создаются почти прямоугольные импульсы, во втором случае выходной импульс возникает только при подаче на вход блокинг-генератора управляющий сигнал.

Порядок выполнения работы



Исследование блокинг – генератора.

1. Подключить осциллограф к клеммам блокинг – генератора X1 и X2: «Y» – X1, « » – X3. Зарисовать осциллограмму сигнала.
2. Переключить клемму осциллографа «Y» с клеммы X1 на клемму X2. Зарисовать осциллограмму сигнала.
3. Сравнить осциллограммы и сделать вывод.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Какова цель работы?
2. Что называется блокинг-генератором?
3. Какие бывают блокинг-генераторы?
4. Описать работу блокинг-генератора в автоколебательном режиме.

Лабораторная работа № 8.

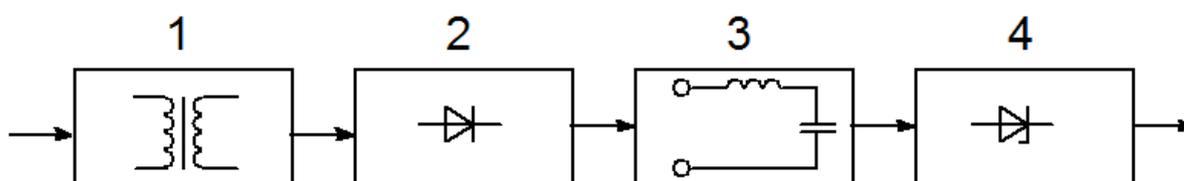
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ И СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ.

Цель работы: практическое ознакомление со схемами выпрямителей и сглаживающих фильтров, сравнительная оценка исследуемых схем.

Теоретические положения

Для большинства современных электронных устройств необходима энергия постоянного тока. Для преобразования переменного тока в постоянный применяют выпрямители, в которых используются полупроводниковые приборы, обладающие вентильными свойствами, т.е. односторонней проводимостью.

Выпрямителями называются устройства, в которых происходит преобразование переменного тока в постоянный, или пульсирующий одного направления.



1. Трансформатор предназначен для повышения или понижения напряжения сети до нужной величины.

2. Вентили – устройства обладающие односторонней проводимостью и преобразующие переменный ток в пульсирующий. В качестве вентилей могут использоваться диоды и тиристоры.

3. Сглаживающие фильтры – уменьшают пульсации выпрямленного тока и напряжения.

4. Стабилизатор – предназначен для поддержания неизменного напряжения на нагрузке при изменении напряжения в сети или сопротивления нагрузки. Простейшим стабилизатором является стабилитрон.

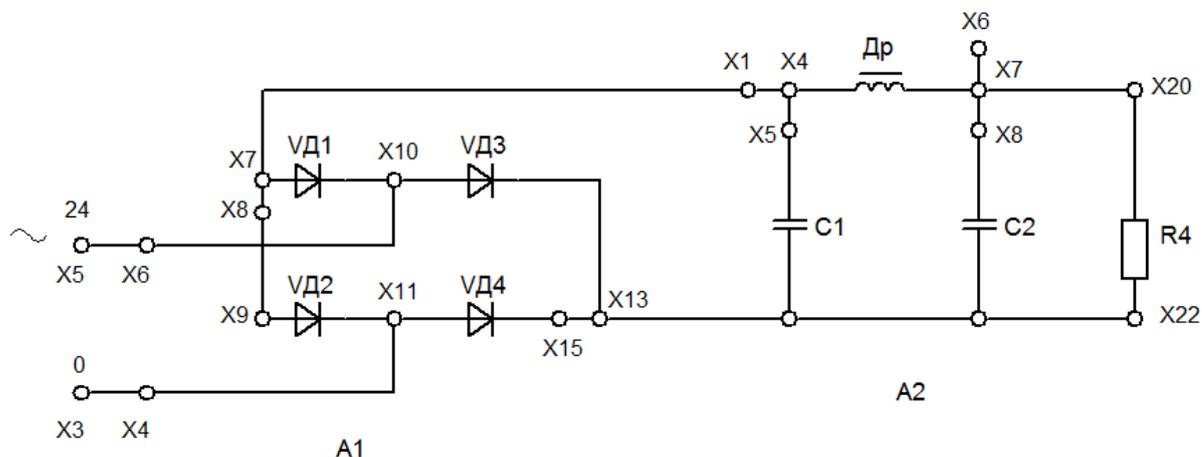
Если напряжение требуемой величины, то трансформатор можно не использовать. В трёхфазном выпрямителе может отсутствовать фильтр, так как пульсации в нём незначительные.

Порядок выполнения работы

1. Исследование однополупериодного выпрямителя.

1.1. Собрать схему однополупериодного выпрямителя.

1.2. После проверки схемы преподавателем, соединить её с клеммами вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24 В. Нажать кнопки сеть, осциллограф.



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

1.4. Измерить сначала постоянную составляющую выпрямленного напряжения U_0 , а затем – действующее значение переменной составляющей с помощью второго мультиметра, выставленного на измерение, соответственно, сначала – постоянного, затем – переменного напряжений.

1.5. Подключить осциллограф к выходу выпрямителя. Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения, добившись устойчивого изображения на экране осциллографа.

2. Исследование различных схем сглаживающих фильтров.

2.1. Выход собранной схемы подключить к Г – образному и П – образному фильтрам.

2.2. Подключить осциллограф к выходу выпрямителя с Г – образным и П – образным фильтрами. Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения, добившись устойчивого изображения на экране осциллографа.

Полученные осциллограммы зарисовать.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.

5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Структурная схема однофазного выпрямителя.
2. Схема однополупериодного выпрямителя.
3. Схема двухполупериодного выпрямителя.
4. Схемы сглаживающих фильтров.

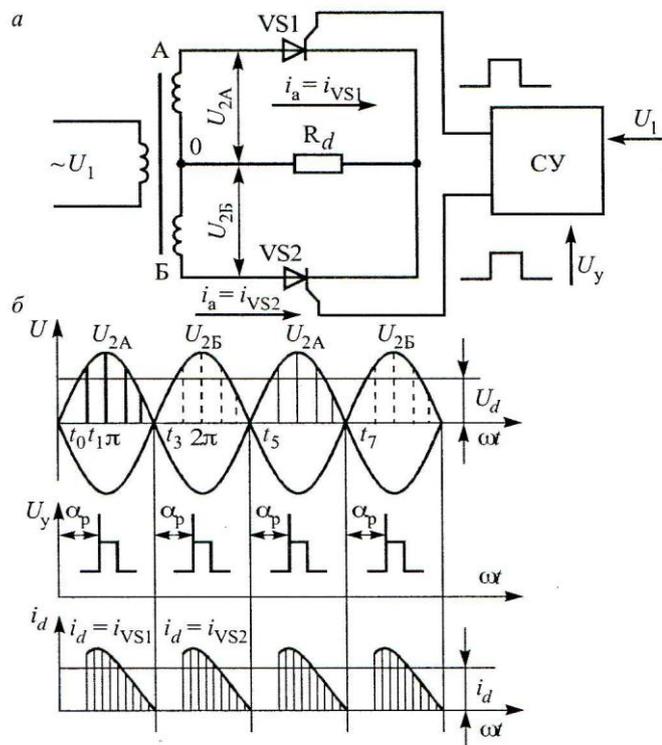
Лабораторная работа № 9.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ.

Цель работы: практическое знакомство с двухполупериодным управляемым тиристорным выпрямителем.

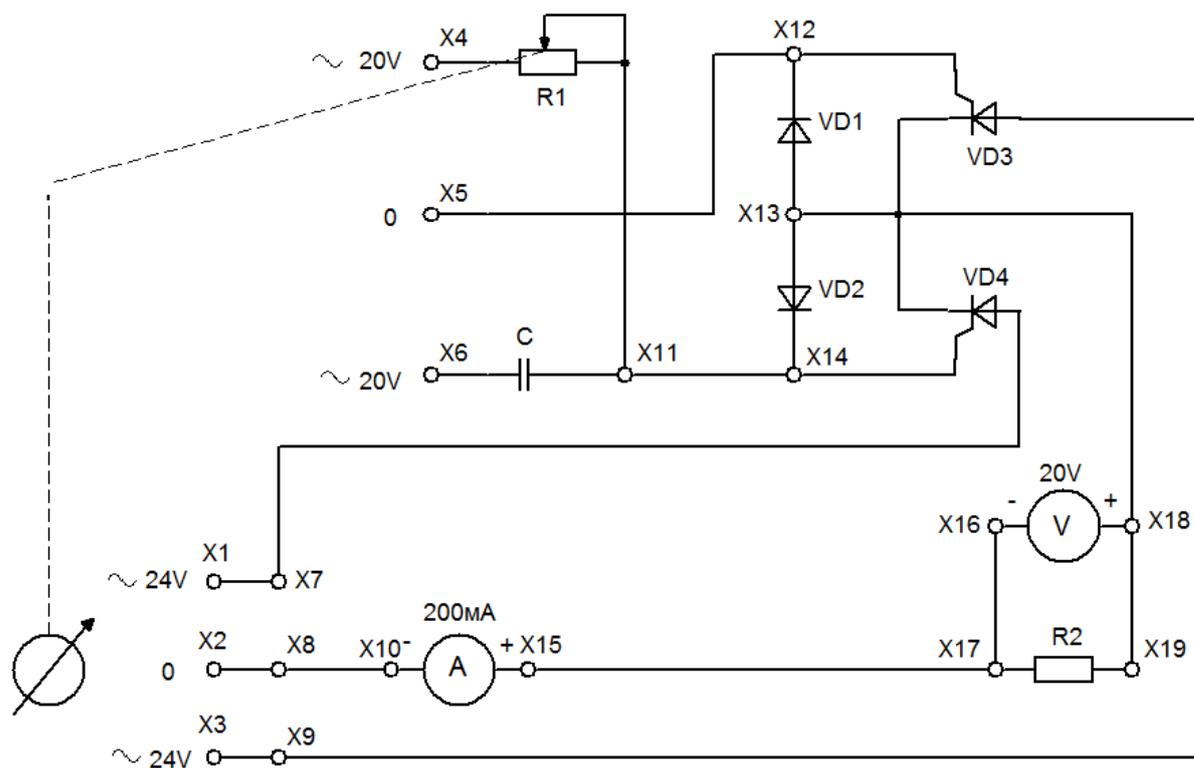
Оборудование: лабораторный стенд, блок №9, соединительные провода.

Теоретические положения



Управляемые выпрямители применяют в качестве регуляторов частоты вращения двигателей постоянного и переменного тока, при зарядке аккумуляторных батарей и т.д. Основой управляемого выпрямителя являются тиристоры, трансформатор и система управления тиристорами. Схемы управляемых выпрямителей повторяют схемы обычных выпрямителей, но основным их преимуществом является возможность плавного регулирования выпрямленного напряжения в широких пределах.

Порядок выполнения работы



1. Сетевой тумблер – в выключенном положении.
2. Подать переменное напряжение с выводом нулевой точки с гнезд стенда «20 – 0 – 20» на фазосдвигающую цепочку и с гнезд «24 – 0 – 24» на выпрямительную цепь управляемого выпрямителя.
3. Подключить измерительные приборы с пределами измерений, указанными на схеме.
4. Параллельно нагрузке **R2** подключить осциллограф.
5. Ручку потенциометра **R1** повернуть против часовой стрелки до упора, что будет соответствовать углу управления $\alpha=0^0$.
6. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение **ВКЛ**.
7. На экране осциллографа с помощью ручек **РАЗВЁРТКА, СТАБ, ВОЛЬТ/ДЕЛ, ВРЕМЯ/ДЕЛ** добиться устойчивого и удобного для наблюдения изображения синусоидального напряжения на нагрузке.
8. Прокалибровать длину полупериода синусоидального напряжения на 6 отрезков, каждый из которых соответствует 30^0 . $K = \frac{L}{6}$ где L – длина полупериода, мм; K – длина части полупериода, соответствующая углу 30^0 , мм.
9. Все последующие измерения для данной схемы производить при неизменном уровне усиления и длительности сигнала на нагрузке.
10. Потенциометром **R1** изменить угол управления в пределах, указанных в таблице. Через каждые 30^0 (K мм) записывать показания измерительных приборов. Данные занести в таблицу.

Таблица.

α , град.	0^0	30^0	60^0	90^0

$U_{oa}, \text{ В}$				
$I_{oa}, \text{ мА}$				

где I_{oa} – постоянная составляющая выпрямленного тока;

U_{oa} – постоянная составляющая выпрямленного напряжения;

α – угол управления тиристорами.

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

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

13. По данным таблицы построить регулировочную характеристику $U_{oa}=f(\alpha)$.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Принцип действия тиристора.
2. Что такое угол управления (отсечки)?
3. С помощью каких элементов осуществляется управление моментом включения тиристора в схеме выпрямителя?

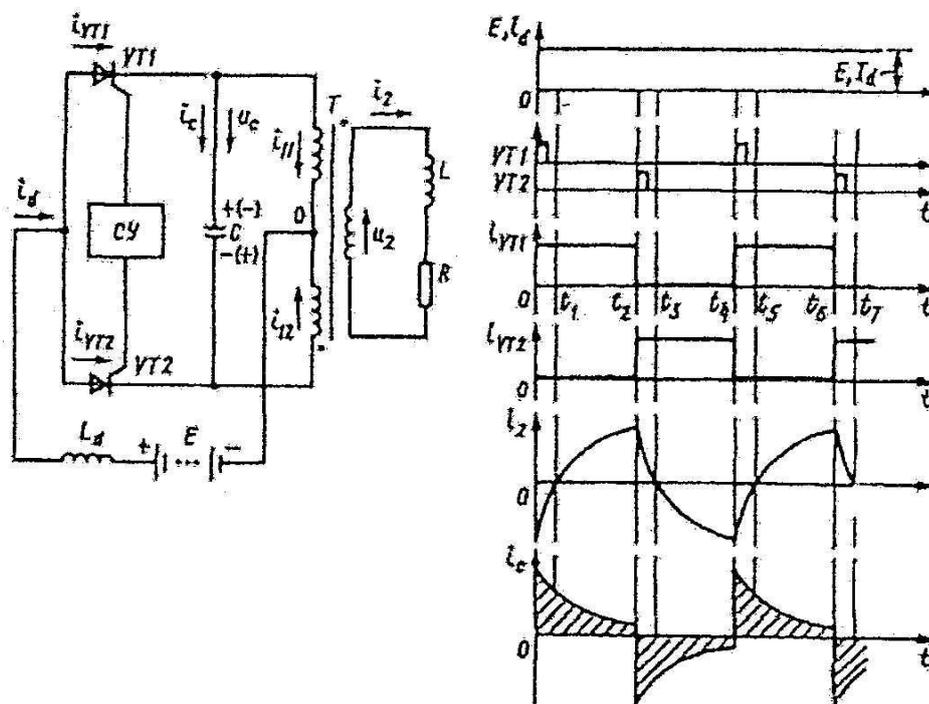
Лабораторная работа № 10.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА.

Цель работы: практическое ознакомление с автономным инвертором тока.

Оборудование: лабораторный стенд, блок №10, соединительные провода.

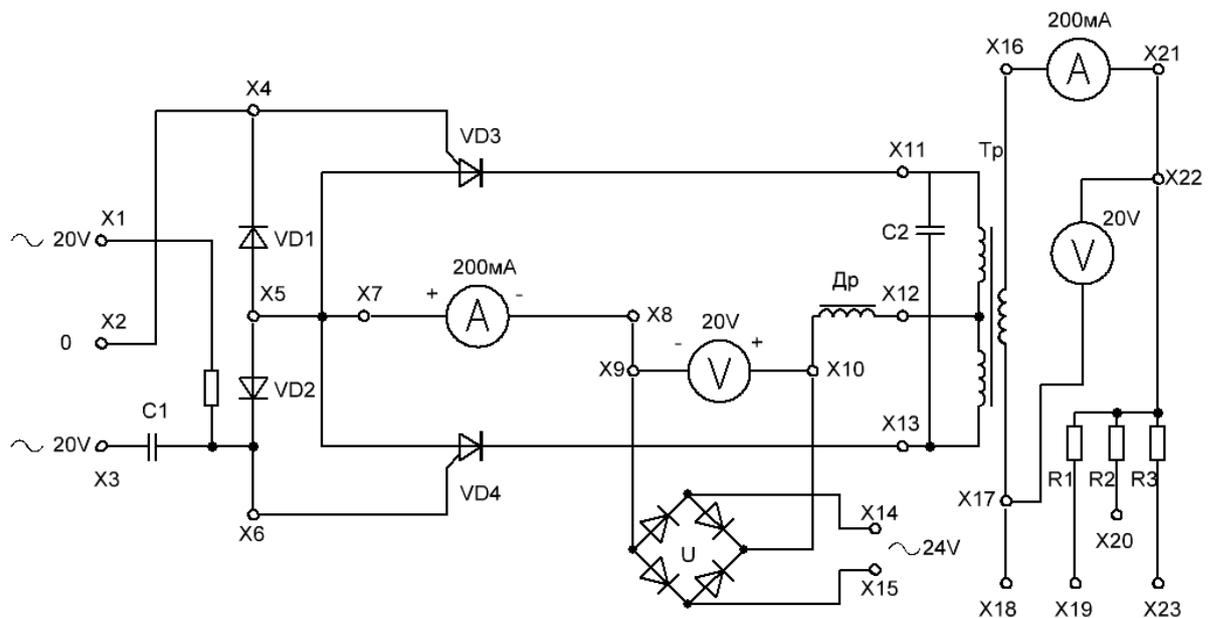
Теоретические положения



Автономные инверторы (АИ) – это, как указывалось выше, преобразователи постоянного тока в переменный, которые работают на сеть, в которой нет других источников электроэнергии. Коммутации вентилей в них осуществляются благодаря применению полностью управляемых вентилей или устройств искусственной коммутации. При этом частота напряжения – параметрами нагрузки и системой регулирования.

У автономного инвертора тока (АИТ) действует источник тока, образованный источником ЭДС и большой индуктивностью, а форма напряжения определяется характером нагрузки. Нагрузка может быть только активной. При одноступенчатой коммутации ток нагрузки с выходящего из работы тиристора сразу переключается на вступающий в работу очередной тиристор. В зависимости от числа фаз выходного напряжения автономные инверторы делятся на однофазные и многофазные, а по характеру связи с нагрузкой – на нулевые и мостовые.

Порядок выполнения работы



1. Сетевой тумблер – в выключенном положении.
2. Подключить измерительные приборы на вход инвертора согласно схеме: мультиметр, выставленный на измерение постоянного напряжения – к клеммам **X9** и **X10**, а мультиметр, выставленный на измерение постоянного тока – к клеммам **X7** и **X8**.
3. Клеммы **X16** и **X21** на выходе инвертора соединить перемычкой.
4. Подать на схему напряжение питания: переменное напряжение **24В (24-0)** и переменное напряжение **40В** с отводом от средней точки (**20-0-20**) в соответствии со схемой.
5. После проверки схемы преподавателем включить сетевой тумблер.
6. Показания измерительных приборов I_0 и U_0 занести в таблицу №1.
7. Сетевой тумблер выключить.
8. Подключить измерительные приборы на выход инвертора: мультиметр, выставленный на измерение переменного напряжения к клеммам **X17** и **X22**, а мультиметр, выставленный на измерение переменного тока к клеммам **X16** и **X21**.
9. Клеммам **X7** и **X8** на входе инвертора соединить перемычкой.
10. После проверки схемы преподавателем включить сетевой тумблер.
11. Показания измерительных приборов I_{\sim} и U_{\sim} занести в таблицу №1.

Таблица №1.

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

12. По полученным данным определить КПД схемы.

13. Подключить осциллограф к нагрузке (*X17, X22*) и наблюдать форму переменного напряжения, включив осциллограф нажатием кнопок **СЕТЬ** и **ОСЦИЛЛОГРАФ** на блоке питания. Осциллограмму зарисовать.

14. Снять внешнюю характеристику инвертора $U_H=f(I_H)$, измеряя U_H и I_H при поочерёдном подключении нагрузочных сопротивлений **R2, R3, R4**. Данные занести в таблицу №2.

Таблица №2.

$U_H, В$			
$I_H, МА$			

15. Построить внешнюю характеристику инвертора $U_H=f(I_H)$.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Принцип действия тиристора.
2. Классификация инверторов.
3. Объяснить работу исследуемой схемы.

Основная литература.

1. Мизерная З.А. Электронная техника. М. Маршрут, 2006.

2. Дунаев С.Д. Электроника, микроэлектроника и автоматика. М.: Учебно-методический кабинет МПС. Издательство «МАРШРУТ» 2003г.
3. Акимов Г.Н. Электронная техника. Издательство «МАРШРУТ», 2003г.
4. Славинский А.К., Туревский И.С. Электротехника с основами электроники. Издательство «ФОРУМ» 2009г.

Дополнительная литература.

1. Бервинов В.И. Электронная и микропроцессорная техника на подвижном составе. М.: Учебно-методический кабинет МПС России,1997.
2. Бодиловский В.Г. Электронные приборы и усилители на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт,1995.
3. Прохорский А.А. Основы автоматки и телемеханики. М.: Высшая школа, 1988.
4. Жеребцов И.П. Основы электроники. Энергоатомиздат, 1985.
Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника. Ростов-на-Дону «Феникс»,2001.