

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Ожерельевский ж.д. колледж - филиал ПГУПС

СОГЛАСОВАНО

Методист

_____ Л.А. Елина
« ____ » _____ 20 ____ г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

_____ Н.Н. Иванова
« ____ » _____ 20 ____ г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по дисциплине ОП.02 Электротехника и электроника
Раздел 2. Электронная техника

специальность 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка	4
2. Перечень практических работ	8
3. Перечень лабораторных работ	8
4. Практическая работа № 13	9
5. Практическая работа № 14	16
6. Лабораторная работа № 15	26
7. Лабораторная работа № 16	31
8. Лабораторная работа № 17	35
9. Лабораторная работа № 18	40
10. Лабораторная работа № 19	45
11. Лабораторная работа № 20	50
12. Лабораторная работа № 21	54
13. Лабораторная работа № 22	59
14. Лабораторная работа № 23	64
15. Лабораторная работа № 24	69
16. Перечень литературы	74

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ по учебной дисциплине ОП.02.Электротехника и электроника составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) и на основе рабочей программы учебной дисциплины. Данная учебная дисциплина относится к блоку общепрофессиональных дисциплин, устанавливающих базовые знания для освоения ПМ.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь:**

- подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками;
- правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов;
- рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;
- снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;
- собирать электрические схемы;
- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать:**

- классификацию электронных приборов, их устройство область применения;
- методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;
- основные законы электротехники;
- основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин;

- основы теории электрических машин; принцип работы типовых электрических устройств;
- основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках;
- параметры электрических схем и единицы их измерения;
- принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов;
- принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических устройств и приборов;
- свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;
- способы получения, передачи и использования электрической энергии;
- характеристики и параметры магнитных полей.

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование общих компетенций, включающих в себя способность:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес;

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество;

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность;

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития;

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями;

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий;

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации;

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Содержание учебной дисциплины ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессиональных модулей по специальности и овладению профессиональными компетенциями, соответствующими основным видам профессиональной деятельности:

ПК 1.1. Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей.

ПК 1.2. Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии.

ПК 1.3. Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем.

ПК 1.4. Выполнять основные виды работ по обслуживанию воздушных и кабельных линий электроснабжения.

ПК 1.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию.

ПК 2.1. Планировать и организовывать работу по ремонту оборудования

ПК 2.2. Находить и устранять повреждения оборудования.

ПК 2.3. Выполнять работы по ремонту устройств электроснабжения.

ПК 2.4. Оценивать затраты на выполнение работ по ремонту устройств электроснабжения.

ПК 2.5. Выполнять проверку и анализ состояния устройств и приборов, используемых при ремонте и наладке оборудования.

ПК 2.6. Производить настройку и регулировку устройств и приборов для ремонта оборудования электрических установок сетей.

ПК 3.1. Обеспечивать безопасное производство плановых и аварийных работ в электрических установках и сетях.

ПК 3.2. Оформлять документацию по охране труда и электробезопасности при эксплуатации и ремонте электрических установок и сетей.

Рабочая программа учебной дисциплины предусматривает 4 часа практических занятий и 20 часов лабораторных занятий.

Перечень практических работ

№ п/п	Название работы	Объем часов
13	Расчет параметров схемы выпрямления	2
14	Расчет усилителя низкой частоты на транзисторах	2
ИТОГО		4

Перечень лабораторных работ

№ п/п	Название работы	Объем часов
15	Исследование работы выпрямительного диода	2
16	Исследование работы стабилитрона	2
17	Исследование работы транзистора	2
18	Исследование работы тиристора	2
19	Исследование работы выпрямителя	2
20	Исследование работы двухкаскадного усилителя	2
21	Исследование цепей преобразования импульсов	2
22	Исследование работы мультивибраторов	2
23	Исследование работы триггера	2
24	Исследование логических элементов	2
ИТОГО		20

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

Тема: Расчет параметров схемы выпрямления

Цель работы: научиться рассчитывать параметры схем выпрямления и подбирать необходимое количество диодов в плечо выпрямителя.

Краткие теоретические сведения

Выпрямителем называется устройство, преобразующее переменный электрический ток в постоянный. Выпрямители классифицируются по ряду признаков. По степени управляемости выпрямители подразделяются на управляемые и неуправляемые. По типу схем выпрямления выпрямители подразделяются на нулевые (с выделением нулевой точки в преобразовательном трансформаторе) и мостовые схемы. По числу фаз выпрямительные установки подразделяются на однофазные и трехфазные выпрямители. На тяговых подстанциях электрифицированных железных дорог постоянного тока, в метрополитене и на городском электрическом транспорте применяются трехфазные схемы выпрямления. В настоящее время применяются три типа схем выпрямления:

1. Нулевая шестипульсовая схема «звезда – две обратные звезды с уравнительным реактором». Эта схема является устаревшей, имеет ряд недостатков, прежде всего усложненную конструкцию преобразовательного трансформатора, низкую экономическую эффективность, двукратное превышение по обратному напряжению на диодные группы в непроводящую часть периода. Применяется на тяговых подстанциях, построенных до 1970-х годов и не подвергавшихся капитальной реконструкции.
2. Мостовая шестипульсовая схема выпрямления. Данная схема является более эффективной, имеет более высокий коэффициент использования установочной мощности, упрощенную конструкцию преобразовательного трансформатора.

3. Мостовая двенадцатипульсовая схема выпрямления. Эта схема находит все более широкое применение на современном этапе развития электрифицированных железных дорог, так как позволяет значительно уменьшить количество диодов в выпрямительной установке, применять в качестве выпрямительных элементов как диоды, так и тиристоры (в состав схемы входит два выпрямительных моста). Упрощается конструкция фильтрующего устройства, так как из числа гармонических составляющих исключаются колебания, кратные 300 Гц. По экономической эффективности данная схема значительно лучше шестипульсовых.

В выпрямительных установках каждая группа диодов, работающая в едином режиме, называется плечом выпрямителя.

В непроводящий период обратное напряжение плеча выпрямителя больше импульсного обратного повторяющегося напряжения одного диода. В проводящий период ток плеча больше прямого предельного тока 1 диода. В этих случаях применяют последовательно-параллельное соединение диодов.

Параллельное включение.

Количество параллельно соединенных диодов определяется по формуле:

$$a = \frac{k_{\text{нер}} \cdot I_n}{I_{\text{пред}} \cdot m_\phi}, \quad (1.1.1)$$

где $k_{\text{нер}}$ - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения тока, равный 1,2,

m_ϕ - число фаз;

I_n - ток нагрузки;

$I_{\text{пред}}$ - предельный прямой ток диода.

Основное условие нормальной работы выпрямителя – равномерное деление тока между ветвями плеча выпрямителя, то есть одинаковые вольтамперные характеристики диодов.

Если диоды окажутся различно нагруженными, то в некоторых диодах ток окажется больше предельного прямого тока.

Для уменьшения разброса токов параллельно соединенных диодов на величину не более 10% применяют: подбор, последовательное подключение резисторов, включение индуктивных делителей.

Последовательное включение.

Количество последовательно соединенных диодов определяется по формуле:

$$S = \frac{k_{нерU} \cdot U_{обр\ max}}{U_{повт}}, \quad (1.1.2)$$

где $k_{нерU}$ - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения напряжения, равный 1,1;

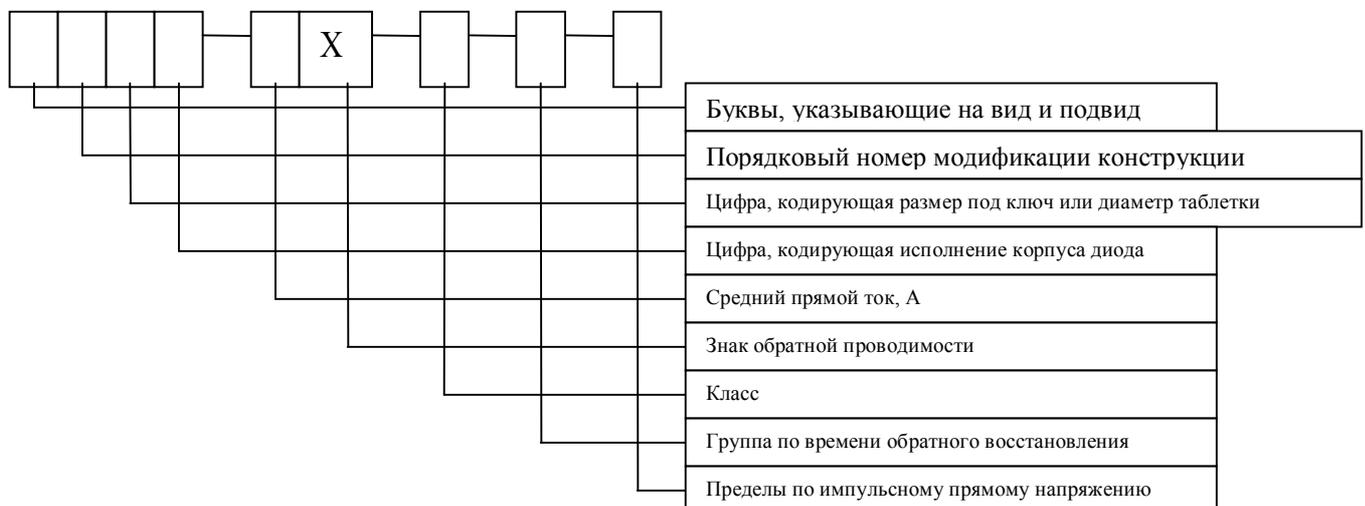
$U_{обр\ max}$ - наибольшее обратное напряжение плеча выпрямителя;

$U_{повт}$ - обратное повторяющееся напряжение диода.

Основное для правильной работы последовательно соединенных диодов – это равномерное распределение напряжения, то есть одинаковые вольтамперные характеристики.

Применяемые в выпрямительных установках диоды являются выпрямительными, и по конструкции подразделяются на штыревые и таблеточные.

Маркировка (буквенно-цифровое обозначение) силовых диодов [4]:



Исходные данные

Задание: рассчитать основные параметры заданной схемы выпрямления, сравнить величину максимального тока плеча и обратного напряжения плеча с параметрами заданного диода, определить количество последовательно и параллельно соединенных диодов в плечах выпрямителя, вычертить схему выпрямителя.

Исходные данные приведены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1 – Данные для расчета выпрямительной установки

№ варианта	Тип схемы выпрямления	Тип диода	Мощность потребителя P_d , кВт	Выпрямленное напряжение U_d , В
1	Мостовая шестипульсовая	Д212-2000-16	18000	4000
2	Нулевая шестипульсовая	Д141-100-16	6000	3300
3	Двенадцатипульсовая	Д161-250-18	8000	3800
4	Мостовая шестипульсовая	Д223-500-24	12000	3200
5	Нулевая шестипульсовая	Д143-800-10	9000	4000
6	Двенадцатипульсовая	Д243-1000-32	15000	3300
7	Мостовая шестипульсовая	Д253-1600-20	25000	3800
8	Нулевая шестипульсовая	Д253-2000-24	18000	3200
9	Двенадцатипульсовая	ДЛ173-4000-16	6000	4000
10	Мостовая шестипульсовая	ДЛ173-3200-32	8000	3300
11	Нулевая шестипульсовая	ДЛ153-1600-30	12000	3800
12	Двенадцатипульсовая	ДЛ133-1000-38	9000	3200
13	Мостовая шестипульсовая	ДЛ133-500-16	15000	4000
14	Нулевая шестипульсовая	ДЛ161-200-16	25000	3300
15	Двенадцатипульсовая	Д212-2000-16	18000	3800
16	Мостовая шестипульсовая	Д141-100-16	6000	3200
17	Нулевая шестипульсовая	Д161-250-18	8000	4000
18	Двенадцатипульсовая	Д223-500-24	12000	3300
19	Мостовая шестипульсовая	Д143-800-10	9000	3800
20	Нулевая шестипульсовая	Д243-1000-32	15000	3200
21	Двенадцатипульсовая	Д253-1600-20	25000	4000
22	Мостовая шестипульсовая	Д253-2000-24	18000	3300
23	Нулевая шестипульсовая	ДЛ173-4000-16	6000	3800
24	Двенадцатипульсовая	ДЛ173-3200-32	8000	3200
25	Мостовая шестипульсовая	ДЛ153-1600-30	12000	4000
26	Нулевая шестипульсовая	ДЛ133-1000-38	9000	3300
27	Двенадцатипульсовая	ДЛ133-500-16	15000	3800
28	Мостовая шестипульсовая	ДЛ161-200-16	25000	3200
29	Нулевая шестипульсовая	ДЛ133-1000-38	18000	4000
30	Двенадцатипульсовая	Д143-800-10	6000	3300

Порядок выполнения работы

1. Определить ток потребителя I_d .

Ток потребителя, кА, определяется по формуле:

$$I_d = \frac{Pd}{U_d} \quad (1.1.3)$$

2. Определить средний ток плеча I_a для заданной схемы выпрямления.

Для нулевой шестипульсовой схемы выпрямления средний ток плеча выпрямителя, А:

$$I_a = \frac{I_d \cdot 1000}{6} . \quad (1.1.4)$$

Для мостовой шестипульсовой и двенадцатипульсовой схем выпрямления средний ток плеча выпрямителя, А:

$$I_a = \frac{I_d \cdot 1000}{3} . \quad (1.1.5)$$

3. Определить по классу диода предельное повторяющееся импульсное обратное напряжение U_{RRM} , В:

$$U_{RRM} = \text{класс диода} \times 100.$$

4. Определить напряжение в непроводящую часть периода $U_{обр}$ для заданной схемы выпрямления.

Для нулевой шестипульсовой схемы выпрямления обратное напряжение плеча выпрямителя в непроводящую часть периода, В:

$$U_{обр} = 2,09 U_d \quad (1.1.6)$$

Для мостовой шестипульсовой схемы выпрямления обратное напряжение плеча выпрямителя в непроводящую часть периода, В:

$$U_{обр} = 1,045 U_d \quad (1.1.7)$$

Для мостовой двенадцатипульсовой схемы выпрямления обратное напряжение плеча выпрямителя в непроводящую часть периода, В:

$$U_{обр} = 0,52 U_d. \quad (1.1.8)$$

5. Рассчитанные параметры свести в таблицу 1.1.2.

Таблица 1.1.2. – Расчетные параметры для определения количества диодов в плече выпрямителя

Средний ток плеча I_a , А	Средний прямой ток диода I_{FAV} , А	Напряжение в непроводящую часть периода $U_{обр}$, В	Предельное повторяющееся импульсное обратное напряжение U_{RRM} , В

6. Определить количество параллельных ветвей в плече выпрямителя по формуле (1.1.1), приняв $I_n = I_a$; $I_{пред} = I_{FAV}$; $m_\phi = 1$.
7. Определить количество последовательно соединенных диодов в плече выпрямителя по формуле (1.1.2), приняв $U_{обр\max} = U_{обр}$; $U_{ном} = U_{RRM}$.
8. Вычертить схему выпрямления с учетом количества параллельно и последовательно соединенных диодов в каждом плече выпрямителя. При определении схемы воспользоваться конспектом или дополнительной литературой [5].

Контрольные вопросы.

1. Поясните различия в конструкции мостовых и нулевых схем выпрямления.
2. Укажите, у какой из применяемых схем выпрямления трехфазного тока наиболее простая конструкция трансформатора.
3. Укажите, у какой из применяемых схем выпрямления трехфазного тока наиболее простая конструкция выпрямительной установки.
4. Поясните, каким образом из двух шестипульсовых схем выпрямления можно получить двенадцатипульсовую схему выпрямления.

5. Укажите, у какой из применяемых схем выпрямления трехфазного тока наиболее высокое использование установочной мощности.

Содержание отчета

1. Расчет параметров выпрямителя.
2. Сравнительная таблица 1.1.2.
3. Расчет количества параллельно и последовательно соединенных диодов в плече выпрямителя.
4. Схема выпрямления.
5. Вывод о проделанной работе и результатах расчета.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

Тема: Расчет усилителя низкой частоты на транзисторах

Цель работы: Научиться определять параметры схемы с помощью статических характеристик транзистора.

Оборудование:

Персональный компьютер с лицензионным программным обеспечением.

Краткие теоретические сведения

Схемы усилительных каскадов различаются способом подачи смещения и способом температурной стабилизации режима работы. Схема стабильного усилителя с отрицательной обратной связью по постоянному току и делителем напряжения приведена на рисунке 1.2.1.

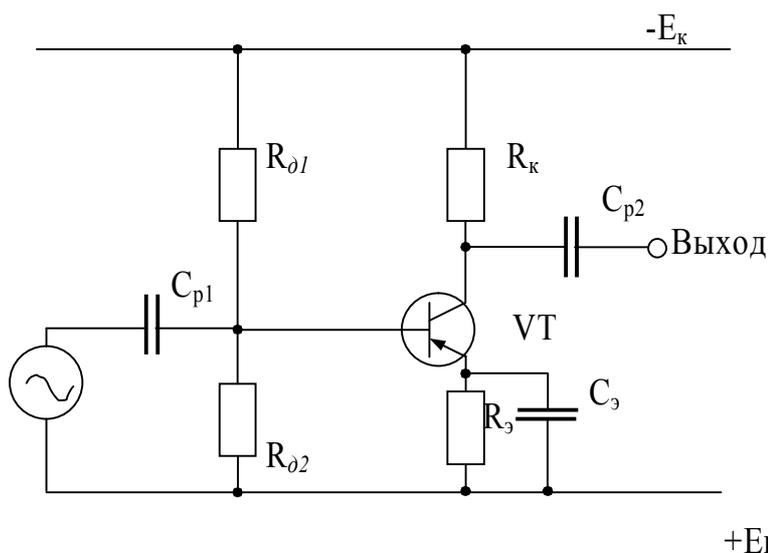


Рисунок 1.2.1. Схема усилителя с делителем напряжения

В рассматриваемой схеме смещение создается делителем $R_{д1}$, $R_{д2}$ от общего источника питания E_k . Ток делителя I_{δ} создает на резисторе $R_{д2}$ падение напряжения, приложенное в прямом направлении к переходу эмиттер-база. Ток делителя в каскадах предварительного усиления принимается равным:

$$I_{\delta} = (3 \dots 10) I_{\delta 0},$$

где $I_{\delta 0}$ – ток покоя базы в рабочей точке.

При изменении температуры окружающей среды и длительной работе схемы изменяются параметры транзистора, при этом изменяется и наклон входных и выходных характеристик. Это может привести к смещению положения рабочей точки. Температурная стабилизация режима работы достигается применением в схеме отрицательной обратной связи по постоянному току. В данной схеме применяется эмиттерная стабилизация, которая осуществляется при помощи отрицательной обратной связи по постоянному току через резистор R_3 в цепи эмиттера. Для устранения отрицательной обратной связи по переменному току резистор R_3 шунтируется конденсатором C_3 .

Исходные данные

Схема, элементы которой необходимо рассчитать, приведена на рисунке 1.2.1.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.2.1.

Вариант	Исходные данные				
	$f_H - f_B$, Гц	$M_{нс}$	$E_{к}$, В	$I_{вх\ т\ сл}$, мА	$R_{вх\ сл}$, Ом
1	100 – 7000	1,07	10	12	12
2	90 – 3000	1,1	23	22	11
3	50 – 6000	1,06	9	14	10
4	70 – 3200	1,07	19	20	13
5	60 – 5000	1,08	12	10	16
6	80 – 2000	1,12	26	25	15
7	70 – 6500	1,09	11	16	18
8	40 – 2500	1,06	25	13	27
9	80 – 5500	1,11	24	18	26
10	50 – 2800	1,1	20	22	24
11	100 – 2500	1,08	14	10	16
12	60 – 3600	1,12	9	16	18
13	40 – 5000	1,07	26	22	11
14	80 – 6900	1,09	13	12	12
15	70 – 4300	1,1	20	20	14
16	50 – 7000	1,06	17	18	15
17	60 – 2500	1,09	10	12	11
18	40 – 6700	1,12	14	10	18
19	100 – 4000	1,08	25	26	15
20	90 – 5000	1,07	18	19	12
21	70 – 7000	1,09	23	21	10
22	80 – 3300	1,06	16	13	17
23	40 – 3200	1,12	26	24	27
24	90 – 4500	1,1	13	10	11
25	50 – 4500	1,07	24	20	14

Пояснения к таблице 1.2.1:

$f_n - f_v$, Гц – полоса усиливаемых частот.

M_{nc} – коэффициент частотных искажений за счет влияния конденсатора межкаскадной связи.

E_k , В – напряжение питания каскада.

$I_{вх\ t\ сл}$, мА – необходимая амплитуда входного тока транзистора следующего каскада.

$R_{вх\ сл}$, Ом – входное сопротивление следующего каскада с учетом цепей смещения.

Порядок выполнения работы

1. Начертите схему рассчитываемого усилителя и разберитесь в назначении элементов.
2. Определите ток покоя коллектора.

Расчетное значение тока покоя коллектора $I_{ко}$ должно обеспечивать с достаточным запасом максимальную амплитуду переменной составляющей входного тока транзистора следующего каскада $I_{вх\ t\ сл}$, поэтому можно принять: $I_{ко} = (1,3 \dots 1,7) \cdot I_{вх\ t\ сл}$. Рекомендуется, воспользовавшись электронными таблицами, предварительно рассчитать $I_{ко}$ для крайних значений и среднего значения заданного диапазона.

По найденному значению $I_{ко}$ по таблице 1.2.2. следует выбрать транзистор таким образом, чтобы максимально допустимое значение тока коллектора транзистора $I_{к\ max}$ было больше или равно расчетному току коллектора $I_{ко}$, так как $I_{к\ max} \geq I_{ко}$.

Таблица 1.2.2. Параметры транзисторов

Тип транзистора	$\beta_{мин}$	$\beta_{макс}$	$I_{к\ max}$, мА	$U_{КЭ\ доп}$, В	$f_{гр\ мин}$, МГц	Характеристики
МП 42 А	30	50	30	15	1,0	Рисунки 1.2.4., 1.2.5.
П 20	50	150	50	30	1,0	Рисунки 1.2.6., 1.2.7.

Для выбранного типа транзистора выписать следующие параметры: минимальный коэффициент усиления тока базы $\beta_{мин}$, максимальный коэффициент усиления $\beta_{макс}$, предельная (граничная) частота усиления тока $f_{гр\ мин}$, допустимое напряжение между коллектором и эмиттером $U_{КЭ\ доп}$. (Тип транзистора и его параметры следует взять из таблицы 1.2.2).

3. Выбранный транзистор проверьте по граничной частоте по условию:

$$f_{гр\ мин} \cdot 10^6 > 3 \cdot f_{в} \cdot \beta_{ср} , \quad (1.2.1)$$

$$\beta_{ср} = \frac{\beta_{мин} + \beta_{макс}}{2}$$

где $f_{в}$ - верхняя частота полосы усиливаемых частот, Гц (из исходных данных);

$\beta_{ср}$ - средний коэффициент усиления тока базы.

Расчет следует произвести в электронных таблицах, предварительно создав и сохранив файл под своим именем. Если условие (1.2.1) не выполняется, рекомендуется подобрать другой тип транзистора, и выполнить перерасчет.

4. Рассчитайте сопротивления в цепи коллектора $R_{к}$ и в цепи эмиттера $R_{э}$.

Падение напряжения на сопротивлении $R_{к}$ принимается равным $0,4 E_{к}$. В этом случае сопротивление коллекторного резистора, Ом:

$$R_{к} = \frac{0,4 E_{к}}{I_{к}} , \quad (1.2.2)$$

Падение напряжения на сопротивлении $R_{э}$ принимается равным $0,2 E_{к}$.

В этом случае сопротивление эмиттерного резистора, Ом:

$$R_{э} = \frac{0,2 E_{к}}{I_{к}} , \quad (1.2.3)$$

После расчета сопротивлений по таблице 1.2.3 подбираются резисторы с номинальными значениями сопротивлений.

5. Определите напряжение между коллектором и эмиттером транзистора в рабочей точке:

$$U_{кэо} = E_k - I_{кo} \cdot R_k - I_{кo} \cdot R_э. \quad (1.2.4)$$

6. Скопируйте в расчетный файл семейства статических выходных и входных характеристик для выбранного транзистора (рисунки 1.2.4, 1.2.5 или 1.2.6, 1.2.7). Сохраните файл.

На семействе выходных характеристик через значения $I_{кo}$ и $U_{кэо}$ строятся линии, параллельные основным осям (пример приведен на рисунке 1.2.2), отмечается рабочая точка 0. В этой точке определяются значения тока покоя базы $I_{бo}$. Если рабочая точка оказалась между заданными характеристиками то недостающую характеристику следует достроить (рисунок 1.2.2). Результаты построений сохраните.

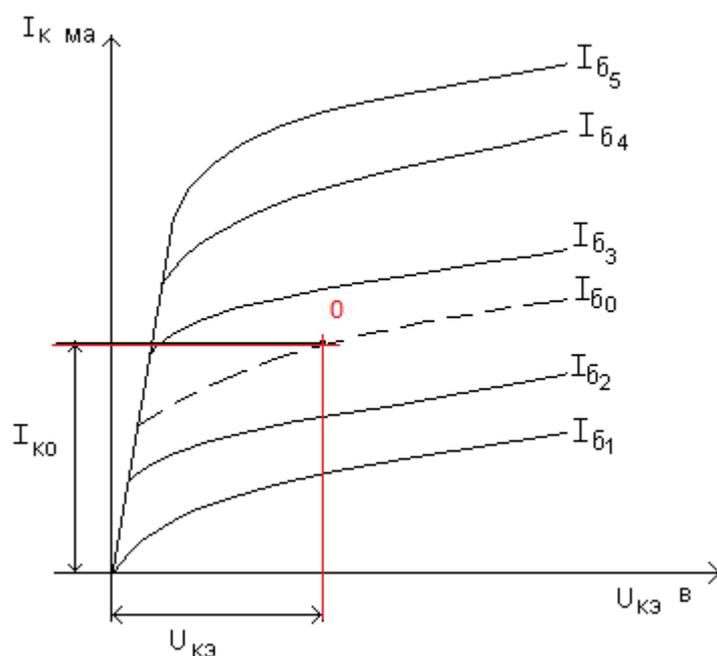


Рисунок 1.2.2. Пример построения для выходных статических характеристик.

По входной статической характеристике транзистора при $U_{кэ} = 5V$ по найденному значению $I_{бo}$ определите напряжение смещения в рабочей точке 0 $U_{бэo}$ (пример построений приведен на рисунке 1.2.3).

Результаты построений сохраните и покажите преподавателю до выполнения дальнейших расчетов.

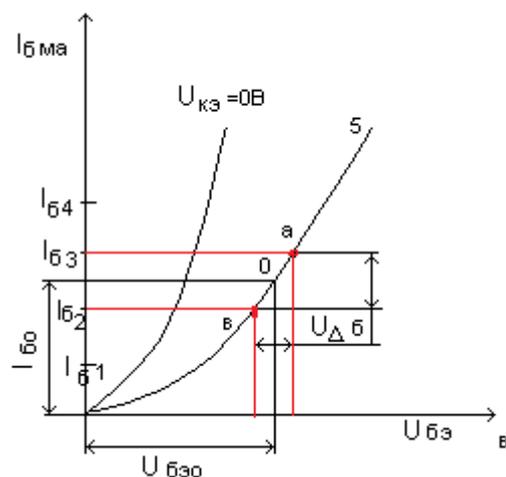


Рисунок 1.2.3. Пример построения для входных статических характеристик.

7. Рассчитайте входное сопротивление транзистора $R_{вх\ oэ}$, Ом .

Для определения $R_{вх\ oэ}$ на статической входной характеристике при $U_{кэ} = 5\text{В}$ (пример приведен на рисунке 1.2.3) отмечаются произвольно две точки a и b . Определяются приращения тока базы $\Delta I_{б}$ и напряжения базы $\Delta U_{бэ}$ между точками a и b .

$$R_{вх.оэ} = \frac{\Delta U_{бэ}}{\Delta I_{б}} \quad (1.2.5)$$

Расчет следует произвести в электронных таблицах и результат показать преподавателю до выполнения дальнейших расчетов.

8. Рассчитайте сопротивления делителя $R_{д1}, R_{д2}$. Обычно величина резистора $R_{д2}$ больше входного сопротивления транзистора рассчитываемого каскада в 5...15 раз. Можно принять величины сопротивлений, Ом:

$$R_{д2} = 6 \cdot R_{вх\ oэ},$$

$$R_{д1} = \frac{E_k - U_{бэ0} - U_{Rэ}}{I_{д}}, \quad (1.2.6)$$

где $U_{бэ0}$ – напряжение смещения на базе;

$I_{д}$ – ток делителя;

$U_{Rэ}$ – принято равным $0,2E_k$.

В каскадах предварительного усиления $I_D = (3 \dots 10)I_{D0}$.

После расчета сопротивлений по таблице 1.2.3 подбираются резисторы с номинальными значениями сопротивлений

9. Определите емкость конденсатора межкаскадной связи, мкФ:

$$C_C = \frac{0,159 \cdot 10^6}{f_n \cdot (R_k + R_{вх.сл}) \sqrt{M_{нс}^2 - 1}} \quad (1.2.7)$$

Значения f_n , $M_{нс}$, $R_{вх.сл}$ берутся из таблицы 1.2.1.

При расчете в электронных таблицах необходимо использовать функции: «степень()» и «корень()». Порядок создания формул для расчета следующий:

9.1. Определение $M_{нс}^2$.

9.2. Определение $\sqrt{M_{нс}^2 - 1}$.

9.3. Определение знаменателя формулы (1.2.7.).

9.4. Определение C_C .

В отчет выписываются формула, формула с подставленными значениями, итог расчета. Промежуточные расчеты сохраняются в электронном виде и показываются для проверки преподавателю.

10. Определите емкость конденсатора C_3 , мкФ, шунтирующего эмиттерное сопротивление R_3 по переменной составляющей тока коллектора:

$$C_3 = \frac{(3 \dots 5) \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot R_3} \quad (1.2.8)$$

11. Расчитанные емкости окончательно подбираются по таблице 1.2.4.

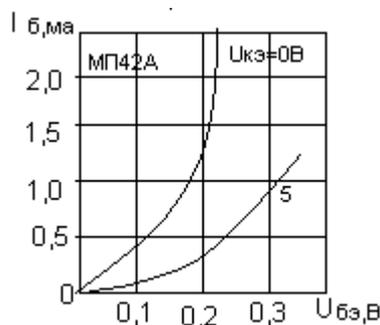


Рисунок 1.2.4. Входные статические характеристики транзистора МП42А.

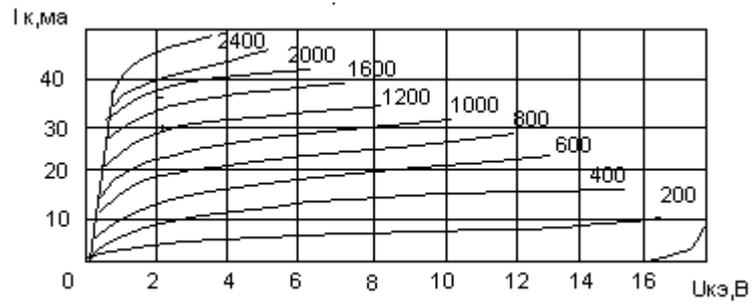


Рисунок 1.2.5. Выходные статические характеристики транзистора МП42А.

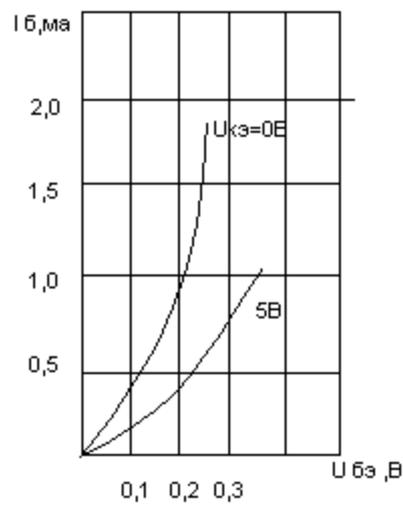


Рисунок 1.2.6. Входные статические характеристики транзистора П20.

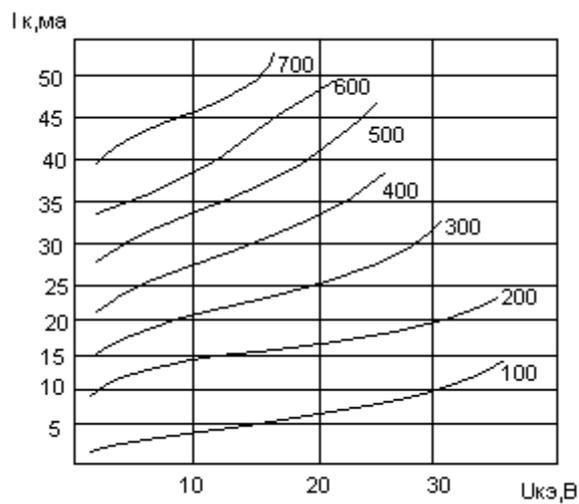


Рисунок 1.2.7. Выходные статические характеристики транзистора П20.

Таблица 1.2.3 – Номинальные значения сопротивлений резисторов

<i>R, Ом</i>	<i>R, Ом</i>	<i>R, Ом</i>	<i>R, Ом</i>	<i>R, кОм</i>	<i>R, кОм</i>
10	33	100	330	1,0	3,3
11	36	110	360	1,1	3,6
12	39	120	390	1,2	3,9
13	43	130	430	1,3	4,3
15	47	150	470	1,5	4,7
16	51	160	510	1,6	5,1
18	56	180	560	1,8	5,6
20	62	200	620	2,0	6,2
22	68	220	680	2,2	6,8
24	75	240	750	2,4	7,5
27	82	270	820	2,7	8,2
30	91	300	910	3,0	9,1

Таблица 1.2.4 – Номинальные значения емкостей конденсаторов

| <i>C, мкФ</i> |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1,0 | 3,9 | 10 | 39 | 100 | 390 |
| 1,2 | 4,3 | 12 | 43 | 120 | 430 |
| 1,5 | 4,7 | 15 | 47 | 150 | 470 |
| 1,8 | 5,1 | 18 | 51 | 180 | 510 |
| 2,0 | 5,6 | 20 | 56 | 200 | 560 |
| 2,2 | 6,2 | 22 | 62 | 220 | 620 |
| 2,4 | 6,8 | 24 | 68 | 240 | 680 |
| 2,7 | 7,5 | 27 | 75 | 270 | 750 |
| 3,0 | 8,2 | 30 | 82 | 300 | 820 |
| 3,3 | 9,1 | 33 | 91 | 330 | 910 |
| 3,6 | | 36 | | 360 | |

Контрольные вопросы.

1. Поясните, каким образом обеспечивается температурная компенсация в усилительных схемах.
2. Объясните, с какой целью применяются конденсаторы в усилителях переменного тока.

3. Поясните, с помощью каких элементов схемы обеспечивается усиление требуемой полосы частот в избирательных усилителях.
4. Поясните, с какой целью выполняется обратная связь в усилительных схемах.

Содержание отчета

1. Наименование темы, цель работы, исходные данные.
2. Схема усилительного каскада с пояснениями.
3. Расчет параметров усилителя.
4. Файл с сохраненными характеристиками и промежуточными результатами расчета.
5. Вывод с указанием рассчитанных параметров усилительного каскада (итоговые номинальные значения сопротивлений и емкостей).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

Тема: Исследование работы выпрямительного диода

Цель работы: снятие вольтамперной характеристики полупроводникового диода, определение его прямого и обратного сопротивлений.

Оборудование и приборы:

Лабораторный стенд.

Краткие теоретические сведения

Диод является электронным элементом, который проводит ток только в одном (прямом) направлении. Это прибор с 2 выводами, состоящий из анода и катода. Ток протекает от анода к катоду. Идеальный диод имеет нулевое сопротивление при смещении в прямом направлении и действует как резистор с бесконечным сопротивлением или как разомкнутая цепь, если напряжение приложено в обратном направлении.

Выпрямительные диоды характеризуются следующими параметрами:

- постоянное прямое напряжение $U_{пр}$ – постоянное напряжение на диоде при заданном постоянном прямом токе;
- постоянное обратное напряжение $U_{обр}$ – постоянное напряжение, приложенное к диоду в обратном направлении;
- постоянный прямой ток $I_{пр}$; постоянный обратный ток $I_{обр}$; средний прямой ток $I_{прср}$; средний обратный ток $I_{обрср}$;
- прямое и обратное сопротивления, статические сопротивления находят при неизменной силе тока, динамические – по приращению.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда, представленную на рисунке 2.1.1. Определить назначение элементов и измерительных приборов на стенде.

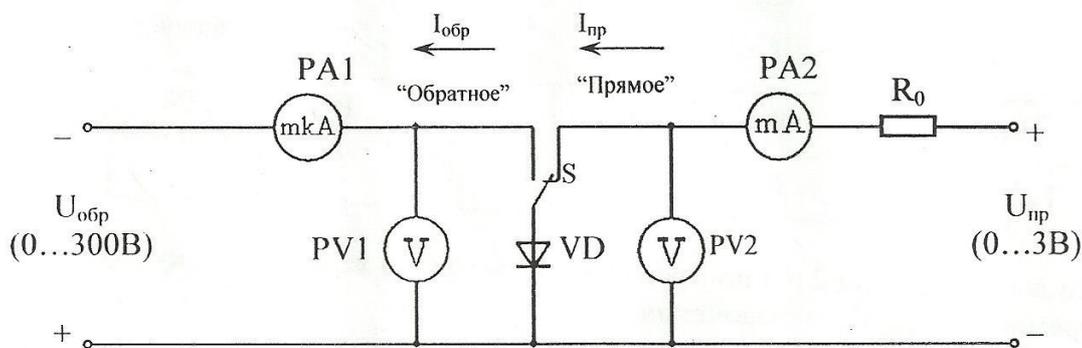


Рисунок 2.1.1. Принципиальная схема стенда

VD - исследуемый диод типа Д7Ж.

S – переключатель.

PV1 – вольтметр для измерения обратного напряжения $U_{обр}$.

PV2 – вольтметр для измерения прямого напряжения $U_{пр}$.

PA1 – микроамперметр для измерения обратного тока $I_{обр}$.

PA2 – миллиамперметр для измерения прямого тока $I_{пр}$.

R_0 – резистор, ограничивающий величину прямого тока.

2. Определить пределы измерения и цену деления шкалы приборов и записать полученные значения в таблицу 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Характеристики измерительных приборов

Наименование прибора	Вольтметры		Миллиамперметр, микроамперметр	
	$U_{пр}$	$U_{обр}$	$I_{пр}$	$I_{обр}$
Пределы измерения				
Цена деления шкалы				

3. Переключатель S установить в положение «Прямое».

4. Подать питание на схему с силового щитка.

5. Изменяя регулятором прямое напряжение ($U_{пр}$) на диоде согласно таблице 2.1.2, измерить и записать в эту таблицу значения прямого тока диода ($I_{пр}$).

Таблица 2.1.2 – Результаты измерения при прямом включении

$U_{пр}, В$	0	0,1	0,2	0,3	0,4
$I_{пр}, мА$	0				

6. Вывести регулятор в «0» и отключить питание.

7. Переключатель S установить в положение «Обратное».

8. Изменяя регулятором обратное напряжение ($U_{обр}$) на диоде согласно таблице 2.1.3, измерить и записать в эту таблицу значения обратного тока диода ($I_{обр}$).

Таблица 2.1.3 – Результаты измерения при обратном включении

$U_{обр}, В$	0	50	100	150	200
$I_{обр}, мкА$	0				

9. Вывести регулятор в «0» и отключить питание.

10. По данным таблиц 2.1.2 и 2.1.3 на основе рисунка 2.1.2 в масштабе, выбранном по результатам измерений, построить вольтамперную характеристику диода для прямого и обратного включения.

11. Определить величину $U_{пр}$ и $I_{пр}$ в выбранной рабочей точке O_1 , а также $U_{обр}$ и $I_{обр}$ в выбранной рабочей точке O_2 . Рассчитать статические сопротивления, прямое и обратное, для выбранных рабочих точек.

Параметры рабочей точки O_1 (прямая ветвь):

$$U_{пр} = \quad В \quad \quad I_{пр} = \quad мА$$

$$r_{np} = \frac{U_{np}}{I_{np}} (кОм) \quad r_{np} = -$$

Параметры точки O_2 (обратная ветвь):

$$U_{обр} = \quad В \quad I_{обр} = \quad мкА$$

$$r_{обр} = \frac{U_{обр}}{I_{обр}} (МОм) \quad r_{обр} = \text{---}$$

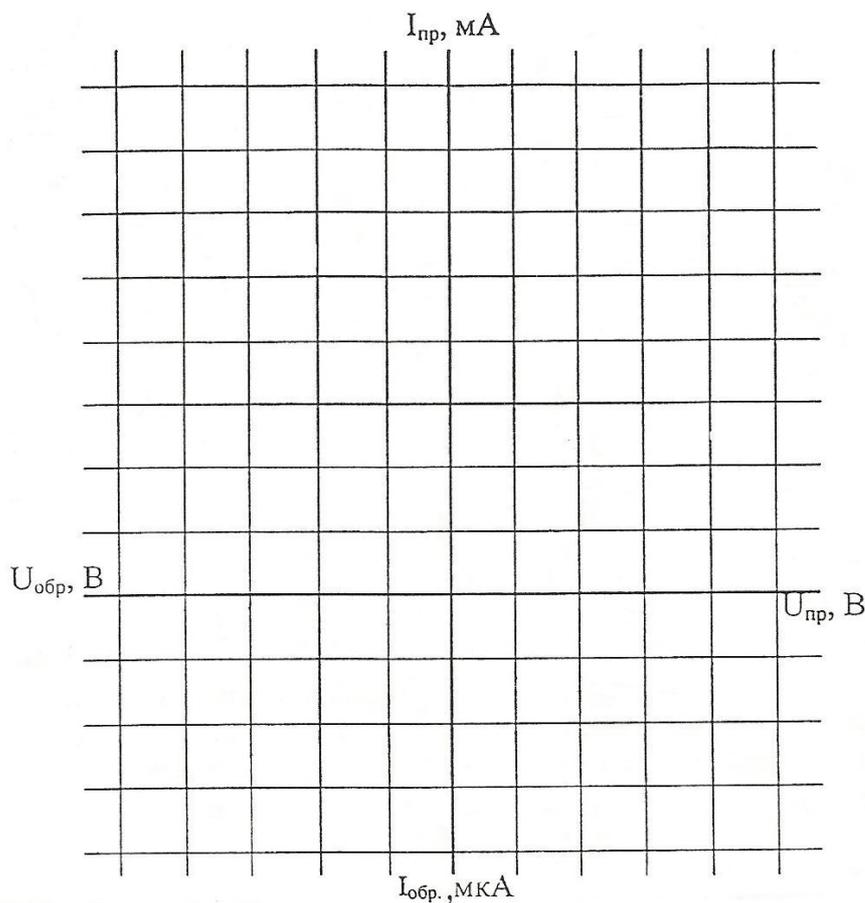


Рисунок 2.1.2. Вольтамперная характеристика диода

12. Сделать вывод о результатах исследования.

Контрольные вопросы.

1. Какие приборы называются полупроводниковыми диодами?
2. Основное свойство полупроводникового диода.
3. Основные параметры полупроводникового диода.
4. Области применения силовых и слаботочных диодов.
5. Основные типы полупроводниковых диодов.

6. В чем заключается зависимость вольтамперной характеристики диода от температуры?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема стенда.
3. Заполненные таблицы 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3.
4. Вольтамперная характеристика диода.
5. Результаты расчетов.
6. Вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16

Тема: Исследование работы стабилитрона

Цель работы: снятие вольтамперной характеристики полупроводникового стабилитрона, определение напряжения стабилизации.

Оборудование и приборы:

Лабораторный стенд.

Краткие теоретические сведения

Стабилитроны представляют собой кремниевые диоды, у которых при некотором обратном напряжении наступает электрический (зенеровский) пробой p-n перехода, дополняемый затем лавинным пробоем. Вследствие высокой температурной стабильности кремния этот режим работы, при котором стабилитрон пропускает большой обратный ток, является нормальным, рабочим, не сопровождающимся тепловым разрушением p-n перехода (в том случае, если обратный ток не превышает установленной для него величины). Таким образом, рабочим участком характеристики стабилитрона является обратная ветвь в диапазоне от минимального до максимально допустимого обратных токов, при этом напряжение на нем практически не изменяется. Данный участок характеристики стабилитрона используется для стабилизации напряжения на нагрузке, параллельно которой его включают.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда, представленную на рисунке 2.2.1. Определить назначение элементов и измерительных приборов на стенде.

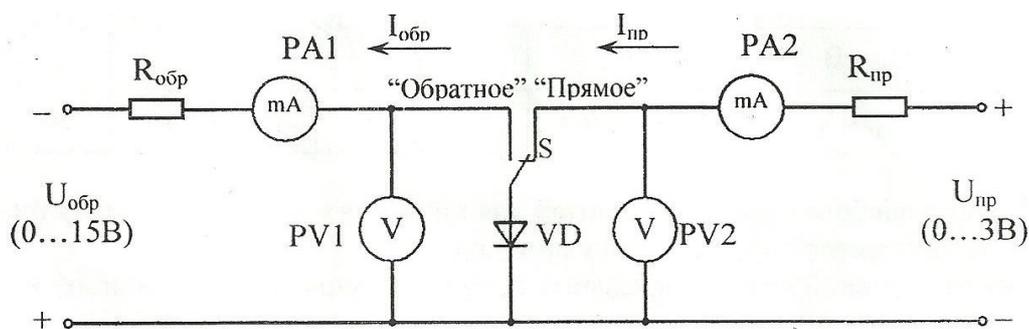


Рисунок 2.2.1. Принципиальная схема стенда

VD - исследуемый стабилитрон типа Д814А.

S – переключатель.

РА1 – миллиамперметр для измерения обратного тока $I_{обр}$.

РА2 – миллиамперметр для измерения прямого тока $I_{пр}$.

PV1 – вольтметр для измерения обратного напряжения $U_{обр}$.

PV2 – вольтметр для измерения прямого напряжения $U_{пр}$.

$R_{пр}$ – резистор, ограничивающий величину прямого тока.

$R_{обр}$ – резистор, ограничивающий величину обратного тока.

2. Определить пределы измерения и цену деления приборов и записать полученные значения в таблицу 2.2.1.

Таблица 2.2.1– Характеристики измерительных приборов

Наименование прибора	Вольтметры		Миллиамперметры	
	$U_{пр}$	$U_{обр}$	$I_{пр}$	$I_{обр}$
Пределы измерения				
Цена деления шкалы				

3. Поставить переключатель S в положение «прямое».

4. Подать питание на схему с силового щитка.

5. Медленно изменяя напряжение рукояткой «плавно», снять зависимость $I_{пр} = f(U_{пр})$ и результаты записать в таблицу 2.2.2.

Таблица 2.2.2 – Результаты измерения при прямом включении

$U_{пр}, В$	0						
$I_{пр}, МА$	0	0,5	1,0	2	5	10	50

6. Отключить напряжение питания.
7. Переключить тумблер в положение «обратное».
8. Подать питание на схему с силового щитка.
9. Поворотом рукоятки «плавно», медленно увеличивая обратное напряжение, снять зависимость $I_{обр} = f(U_{обр})$. Результаты занести в таблицу 2.2.3.

Таблица 2.2.3 – Результаты измерения при обратном включении

$U_{обр}, В$	0						
$I_{обр}, мА$	0	0,5	1,0	2	5	10	50

10. Выбрав наиболее удобный масштаб для прямой и обратной ветвей, на основе рисунка 2.2.2 построить вольтамперную характеристику прибора.

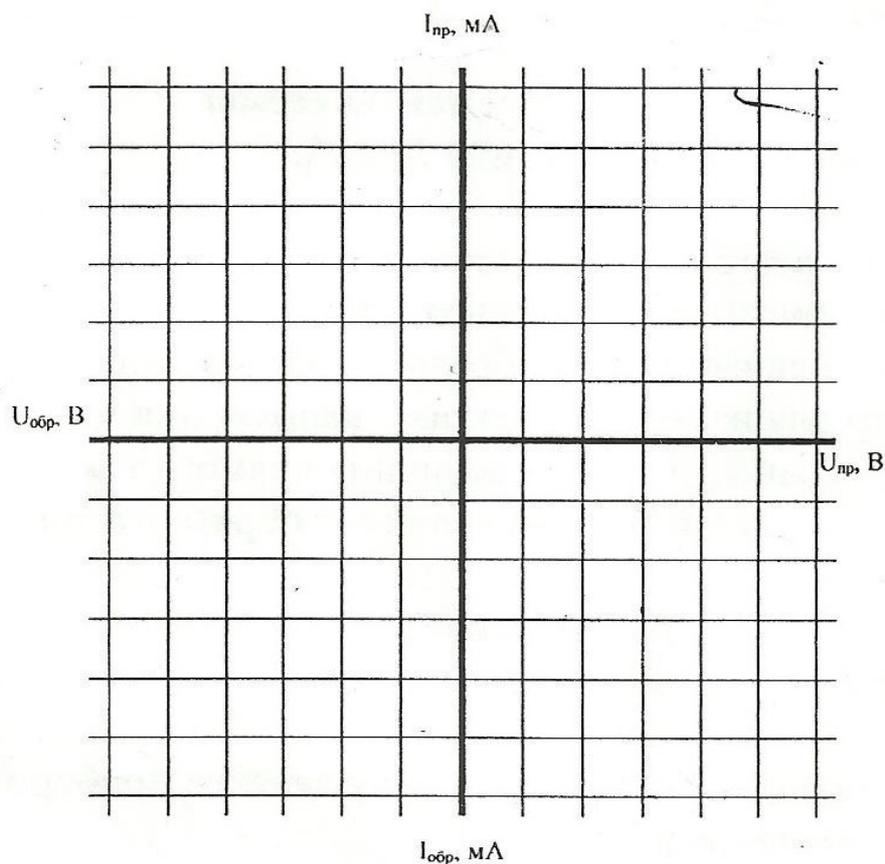


Рисунок 2.2.2. Вольтамперная характеристика стабилизатора

11. По построенной кривой определить величину напряжения стабилизации.

Минимальный ток стабилизации $I_{ст.мин} =$ мА

Минимальное напряжение лавинного пробоя $U_{мин.} =$ В

Максимальный ток стабилизации $I_{ст.макс.} =$ мА

Максимальное напряжение лавинного пробоя $U_{макс.} =$ В

Напряжение стабилизации стабилитрона:

$$U_{ст} = \frac{U_{мин} + U_{макс}}{2} =$$

12. Сделать вывод о результатах исследования.

Контрольные вопросы.

1. Приведите назначение полупроводниковых стабилитронов.
2. В каком направлении (прямом или обратном) работает стабилитрон?
3. Какой вид пробоя $p-n$ перехода является для стабилитрона рабочим?
4. Перечислите другие виды пробоя полупроводниковых структур.
5. Как стабилизируют переменное напряжение при помощи стабилитрона?
6. Обязательно ли включение токоограничивающего резистора в схемах стабилизации напряжения?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема стенда.
3. Заполненные таблицы 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3.
4. Вольтамперная характеристика стабилитрона.
5. Результаты расчетов.
6. Вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17

Тема: Исследование работы транзистора

Цель работы: снятие статических характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме ОЭ, определение его статических h -параметров.

Оборудование и приборы:

Лабораторный стенд.

Краткие теоретические сведения

Биполярный транзистор представляет собой трехэлектродный полупроводниковый прибор, основное свойство которого – усиление электрического сигнала путем преобразования мощности постоянного тока источника питания в мощность переменного тока. Основным элементом транзистора является полупроводниковый кристалл (кремния или германия), в котором созданы три области различной проводимостей. Две крайние области всегда имеют проводимость одинакового типа, противоположную проводимости средней области. Средняя область транзистора называется базой (управляющая область), одна из крайних областей – эмиттером (источник носителей зарядов, наиболее легированная область), а другая – коллектором (выход). В биполярном транзисторе два р-п перехода. Переход база-эмиттер является основным, его состояние соответствует состоянию транзистора, а переход база-коллектор всегда находится под воздействием обратного напряжения. Усиление электрических колебаний с помощью биполярного транзистора основано на зависимости тока коллектора от величины напряжения, приложенного к эмиттерному р-п переходу. Транзисторы, как и диоды, относятся к нелинейным приборам, действие которых в электрических цепях с достаточной полнотой раскрывают статические характеристики.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда, представленную на рисунке 2.3.1. Определить назначение элементов и измерительных приборов на стенде.

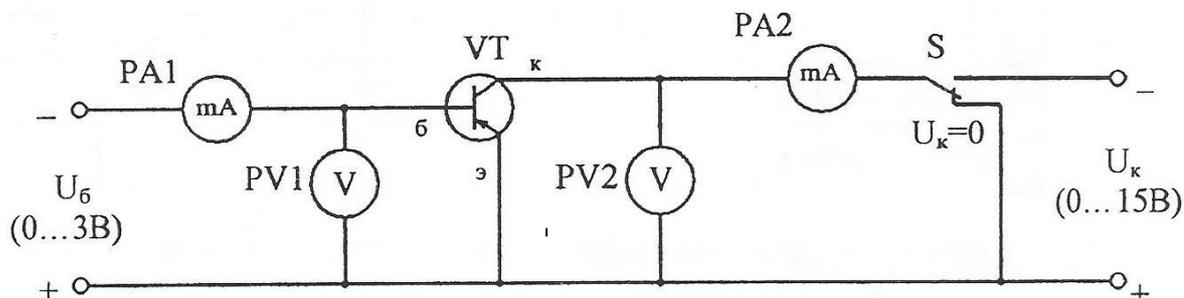


Рисунок 2.3.1. Принципиальная схема стенда

VT - исследуемый транзистор типа П13.

S – переключатель.

PA1 – миллиамперметр для измерения тока базы I_b .

PA2 – миллиамперметр для измерения тока коллектора I_k .

PV1 – вольтметр для измерения напряжения базы U_b .

PV2 – вольтметр для измерения напряжения коллектора U_k .

2. Определить пределы измерения и цену деления приборов и записать полученные значения в таблицу 2.3.1.

Таблица 2.3.1- Характеристики измерительных приборов

Наименование прибора	Вольтметры		Миллиамперметры	
	U_b	U_k	I_b	I_k
Пределы измерения				
Цена деления шкалы				

3. Напряжение (U_b) и ток (I_b) базы транзистора регулируются ручкой « U_b » на блоке питания, а напряжение коллектора - ручкой « U_k ». Для установки $U_k = 0$ используют переключатель S.

Ручку « U_b » установить в крайнее левое положение ($U_b = 0$), а переключатель S в положение «к себе» ($U_k = 0$).

4. Включить блок питания.

5. Изменяя напряжение базы транзистора ($U_б$) при постоянном коллекторном напряжении ($U_к$) согласно таблице 2.3.2, измерить и записать в таблицу значения базового тока ($I_б$).

Таблица 2.3.2 – Результаты измерения входных статических характеристик

$U_б, В$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$I_б, мА (U_к = 0)$						
$I_б, мА (U_к = -2В)$						

6. Изменяя коллекторное напряжение ($U_к$) транзистора при постоянном токе базы ($I_б$) согласно таблице 2.3.3, измерить и записать в таблицу значения тока коллектора ($I_к$).

Таблица 2.3.3- Результаты измерения выходных статических характеристик

$U_к, В$	0	2	4	6	8	10
$I_к, мА (I_б = 0,3 мА)$						
$I_к, мА (I_б = 0,35 мА)$						

7. По данным таблицы 2.3.2, используя рисунок 2.3.2, построить семейство входных (базовых) характеристик транзистора $I_б = f(U_б)$ при $U_к = const$.

8. По данным таблицы 2.3.3, используя рисунок 2.3.2, построить семейство выходных (коллекторных) характеристик транзистора $I_к = f(U_к)$ при $I_б = const$.

9. Для произвольно выбранной рабочей точки в семействах входных и выходных характеристик определить статические параметры транзистора (h-параметры):

Коэффициент усиления по току в схеме ОЭ $h_{21} = \beta = \frac{\Delta I_{\kappa}}{\Delta I_{\delta}} =$ при $U_{\kappa} = \text{const.}$

Выходное сопротивление транзистора $\frac{1}{h_{22}} = r_{\text{вых}} = \frac{\Delta U_{\kappa}}{\Delta I_{\kappa}} =$ при $I_{\delta} = \text{const.}$

Входное сопротивление транзистора $h_{11} = \frac{\Delta U_{\delta}}{\Delta I_{\delta}} =$ при $U_{\kappa} = \text{const.}$

Коэффициент обратной связи по напряжению

в схеме ОЭ $h_{12} = \frac{\Delta U_{\delta}}{\Delta U_{\kappa}} =$ при $I_{\delta} = \text{const.}$

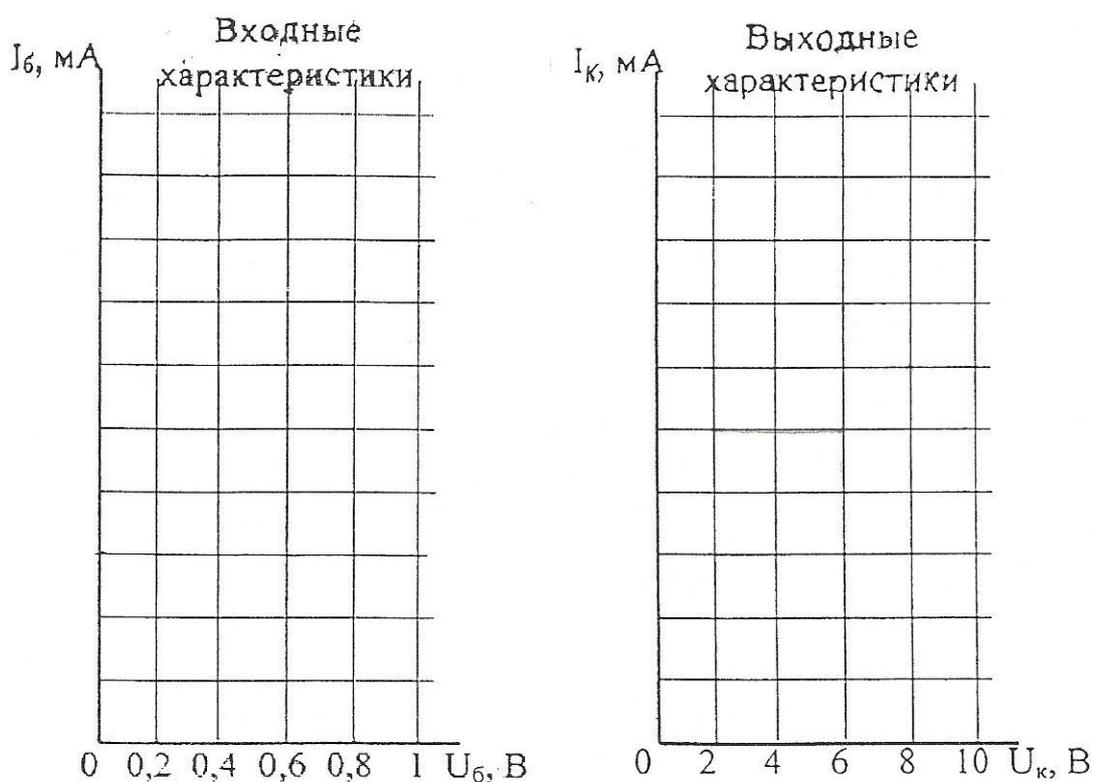


Рисунок 2.3.2. Статические характеристики транзистора

10. Сделать вывод по результатам построений и расчетов.

Контрольные вопросы.

1. Почему исследуемый транзистор называется биполярным?
2. В цепи какого электрода ток максимальный, минимальный?

3. Как изменяются токи и напряжения транзистора при его отпирании, за-
пирании?
4. Основное свойство транзистора.
5. Какие известны типы транзисторов?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема с указанием назначения ее элементов.
3. Заполненные таблицы 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3.
4. Графики семейств входных и выходных характеристик транзистора.
5. Расчет статических параметров транзистора.
6. Вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 18

Тема: Исследование работы тиристора

Цель работы: снятие вольтамперной характеристики трехэлектродного управляемого тиристора, определение его параметров.

Оборудование и приборы:

Лабораторный стенд.

Краткие теоретические сведения

Тиристор – это управляемый полупроводниковый прибор с чередующимися слоями проводимости p-n-p-n и тремя переходами. При подаче прямого напряжения между силовыми электродами: анодом и катодом тиристор вначале остается закрытым, так как приложенного напряжения недостаточно для открытия среднего n-p перехода, который смещен в обратном направлении. Только при достаточно большом увеличении напряжения до величины, называемой напряжением включения, средний переход пробивается лавинным пробоем, ток через тиристор резко возрастает, то есть тиристор открывается. Для открытия тиристора при требуемых напряжениях используется управляющий электрод. При увеличении или уменьшении управляющего тока соответственно уменьшается или увеличивается напряжение включения.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда, представленную на рисунке 2.4.1. Определить назначение элементов и измерительных приборов на стенде.

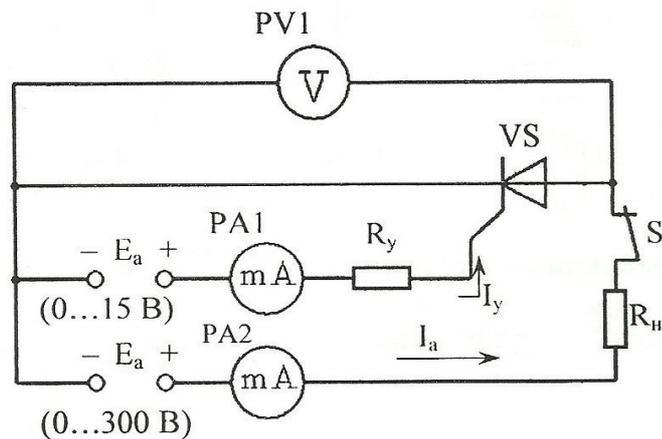


Рисунок 2.4.1. Принципиальная схема стенда

VS - исследуемый тиристор типа КУ201Д.

S – кнопка разрыва анодной цепи.

R_n – анодная нагрузка тиристора.

R_y – резистор, ограничивающий величину управляющего тока.

PA1 – миллиамперметр для измерения величины анодного тока I_a .

PA2 – миллиамперметр для измерения величины управляющего тока I_y .

PV1 – вольтметр для измерения величины анодного напряжения U_a .

2. Определить пределы измерения и цену деления приборов и записать полученные значения в таблицу 2.4.1.

Таблица 2.4.1- Характеристики измерительных приборов

Наименование прибора	Вольтметр	Миллиамперметры	
	U_a	I_y	I_a
Пределы измерения			
Цена деления шкалы			

3. Напряжение анода регулируется ручками «Грубо» и «Точно» на блоке «0...300 В». Ток управления I_y регулируется правой ручкой «Регулировка» на блоке «0...10 В». Исходное положение указанных ручек – крайнее левое. Включить стенд и блоки питания «0...300 В» и «0...10 В».

4. Изменяя величину напряжения аноде, а затем при I_y , соответствующем включению при $U_a = 250$ В, согласно таблице 2.4.2 измерить и записать в эту таблицу значения анодного тока I_a . Определить значение напряжения включения.

Таблица 2.4.2 – Результаты измерения анодного тока

U_a , В	0	50	100	150	200	$U_{\text{вкл}}$	U_0
I_a , мА при $I_y =$ мА	0					$I_{\text{вкл}}$	I_0

5. Для перевода включенного тиристора в исходное положение необходимо уменьшить U_a на 50-60 в, нажать кнопку разрыва анодной цепи S на стенде.

6. Рассчитать значения внутреннего сопротивления тиристора в момент включения и во включенном состоянии в рабочей точке P_0 при токе $I_a = I_{\text{раб}}$:

Внутреннее сопротивление тиристора в закрытом состоянии $r_z = \frac{U_a}{I_a}$ (кОм)

Внутреннее сопротивление тиристора в открытом состоянии $r_o = \frac{U_o}{I_o}$ (кОм)

$$r_z = \quad (U_a = 150 \text{ В})$$

$$r_o = \quad (U_o = 0,8 \text{ В})$$

7. Устанавливая величины U_a (включения) согласно таблице 2.4.3, плавно увеличивать ток управления I_y до момента включения тиристора. Записать полученные значения I_y в таблицу 2.4.3. Определить величину тока спрямления $I_{\text{спр}}$.

Таблица 2.4.3 – Результаты измерения тока управления

$U_{\text{вкл}}$, В	200	150	100	50	U_0
					0,8
I_y , мА					$I_{\text{спр}}$

8. По данным таблиц 2.4.2 и 2.4.3, используя рисунок 2.4.2, построить вольтамперную характеристику тиристора.

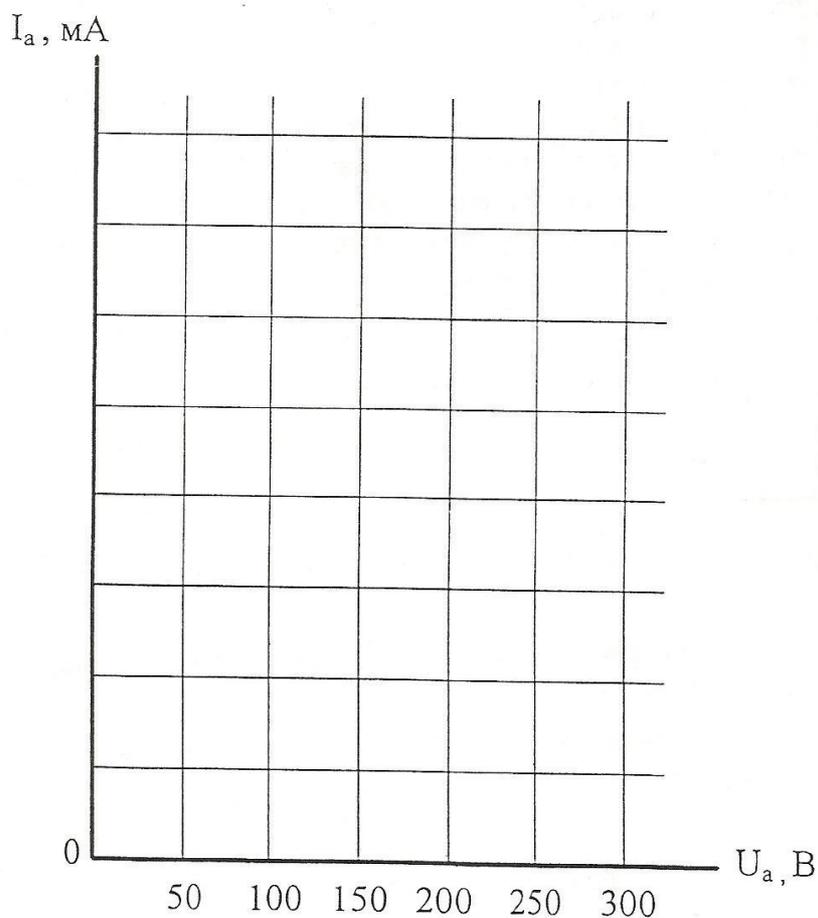


Рисунок 2.4.2. Вольтамперная характеристика тиристора

9. Сделать вывод по результатам расчетов и построений.

Контрольные вопросы.

1. Какие электронные приборы называются тиристорами?
2. Какие виды тиристорov известны?
3. Как изменяется внутреннее сопротивление тиристорov при их отпирании?
4. Как можно перевести открытый тиристор в закрытое состояние?
5. Укажите применение тиристорov.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема стенда с перечнем элементов.
3. Таблицы 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3.
4. Расчеты сопротивлений тиристора в открытом и закрытом состоянии.
5. Вольтамперная характеристика тиристора.
6. Вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 19

Тема: Исследование работы выпрямителя

Цель работы: исследование однополупериодного и двухполупериодного выпрямителя без сглаживающего фильтра и с различными типами фильтров.

Оборудование и приборы:

лабораторный стенд;
осциллограф аналоговый;
мультиметр.

Краткие теоретические сведения

В состав выпрямительного агрегата в общем случае входит следующее оборудование:

- силовой преобразовательный трансформатор для согласования входного (сетевое) и выходного (выпрямленного) напряжений выпрямителя;
- выпрямительная установка выполняет функцию преобразования переменного тока в постоянный;
- сглаживающий фильтр является звеном, уменьшающим пульсации выпрямленного тока в цепи нагрузки;
- система управления и автоматического регулирования в управляемых выпрямителях;
- система защиты и сигнализации выпрямителя от повреждения в аварийных режимах.

Сглаживающие фильтры предназначены уменьшать пульсации выпрямленного напряжения на нагрузке до значений, при которых не сказывается их отрицательное влияние на работу установки.

Действие электрического фильтра характеризуется коэффициентом сглаживания, представляющим собой отношение коэффициента пульсации первой гармонической на выходе выпрямителя (до фильтра) к коэффициенту пульсации на нагрузке (после фильтра).

Емкостной фильтр включается параллельно нагрузке, чем обеспечивается шунтирование нагрузки от переменной составляющей тока (напряжения). Для эффективного сглаживания необходимо, чтобы сопротивление конденсатора для основной гармоники пульсаций было значительно меньше сопротивления нагрузки.

Индуктивный фильтр включается последовательно с нагрузкой и представляет большое сопротивление для переменной составляющей тока (напряжения) и малое сопротивление для постоянной составляющей.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда, представленную на рисунке 2.5.1. Определить назначение элементов на стенде.

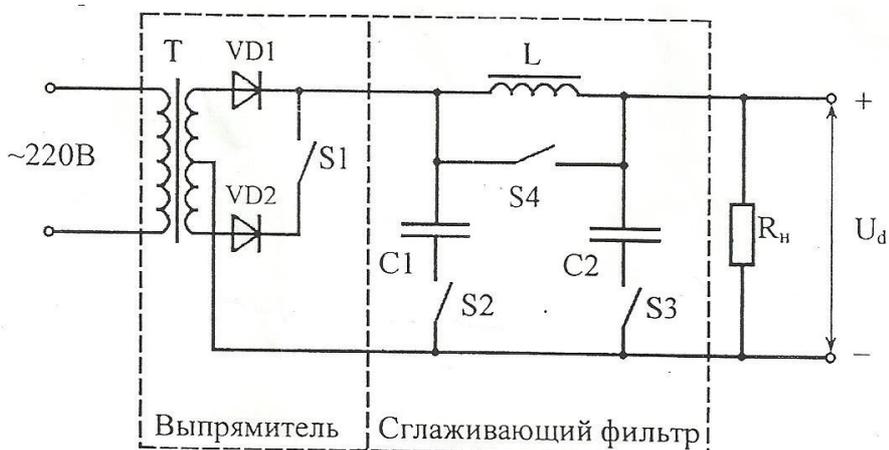


Рисунок 2.5.1. Принципиальная схема стенда

S1 – переключатель для изменения схемы выпрямления с однополупериодной в двухполупериодную.

S2, S3, S4 – переключатели для коммутации элементов сглаживающего фильтра C1, C2, L.

T - трансформатор.

R_n – нагрузочный резистор.

2. Подать напряжение питающей сети на стенд.
3. Переключатель S1 установить в положение «разомкнуто», получив схему однополупериодного выпрямителя.
4. Переключатели S2 и S3 разомкнуть, а S4 – замкнуть, отключив тем самым сглаживающий фильтр.
5. Включить выпрямитель и осциллограф в сеть и наблюдать на экране осциллографа изображение пульсаций выпрямленного напряжения (не менее двух периодов).
6. Зарисовать полученное изображение, используя рисунок 2.5.2, обратив особое внимание на амплитуду пульсаций и их форму.
7. С помощью тестера (мультиметра) измерить U_1 и U_{d1} , данные занести в таблицу 2.5.1.
8. Замкнуть переключатель S2, подключив тем самым на выход выпрямителя простейший емкостный сглаживающий фильтр (конденсатор C1).
9. Зарисовать изображение с экрана осциллографа. Обратит внимание на уменьшение амплитуды пульсаций выпрямленного напряжения при неизменности их частоты.
10. Занести в таблицу 2.5.1 измеренное значение U_{d1} (C).
11. Разомкнуть переключатели S2 и S4, а S3 – замкнуть, подключив тем самым на выход выпрямителя Г-образный LC-фильтр (дроссель L и конденсатор C2).
12. Зарисовать изображение с экрана осциллографа, обратит внимание на дальнейшее уменьшение амплитуды пульсаций.
13. Занести в таблицу 2.5.1 измеренное значение U_{d1} (LC).
14. Переключатель S1 установить в положение «замкнуто», подключив схему двухполупериодного выпрямителя.

15. Повторить операции, указанные в п.п. 4 – 13. Обратить внимание на частоту пульсаций при двухполупериодном выпрямлении переменного тока. Заполнить таблицу 2.5.2.

Таблица 2.5.1.

U_1 , В	U_{d1} , В		$U_{d1(C)}$, В	$U_{d1(LC)}$, В
	Изм.	Расч.		

Таблица 2.5.2.

U_2 , В	U_{d2} , В		$U_{d2(C)}$, В	$U_{d2(LC)}$, В
	Изм.	Расч.		

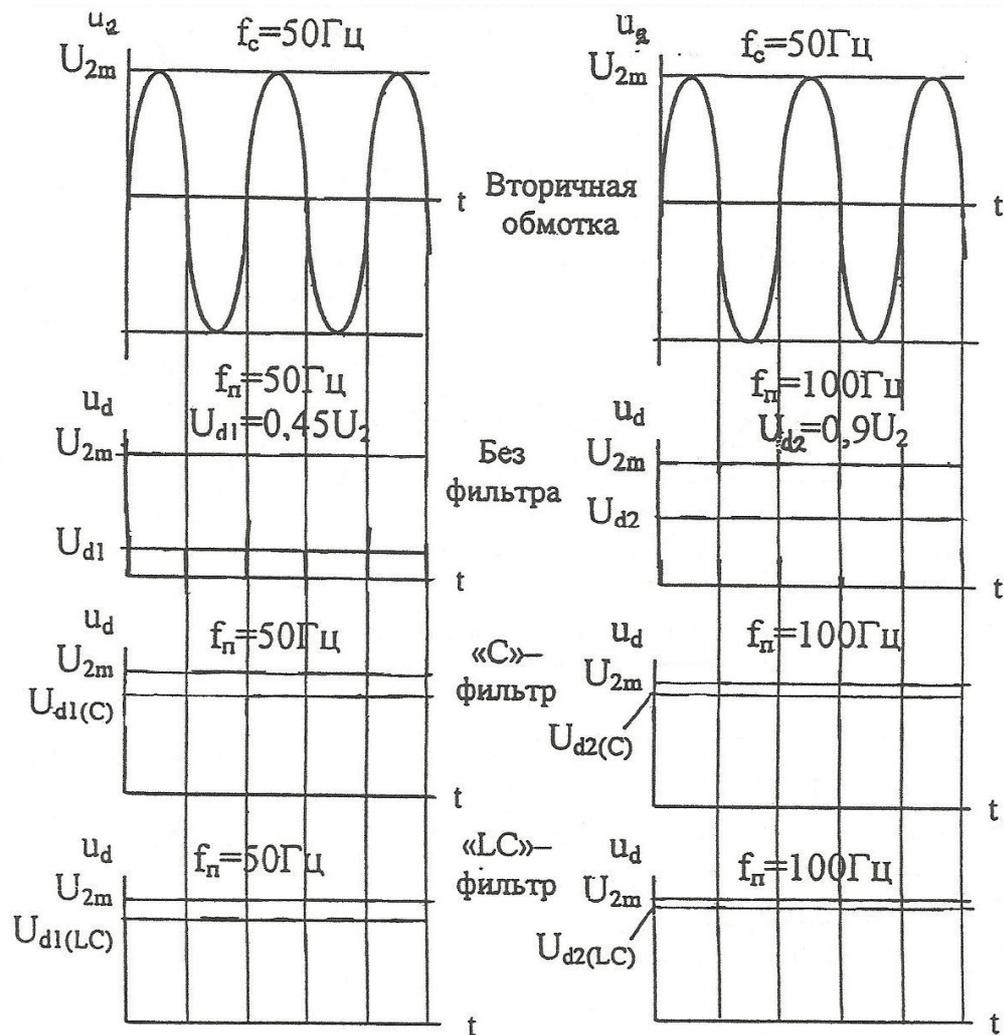


Рисунок 2.5.2. Осциллограммы выпрямителей

Контрольные вопросы.

1. Что такое выпрямитель?
2. Основные элементы выпрямительного агрегата.

3. В чем отличие однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей?
4. Для чего служит сглаживающий фильтр?
5. На чем основана работа конденсаторов и дросселя в сглаживающем фильтре?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема с указанием назначения ее элементов.
3. Заполненные таблицы 2.5.1, 2.5.2.
4. Временные диаграммы пульсаций выпрямленного напряжения с соблюдением масштаба по осям времени и напряжения.
5. Вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 20

Тема: Исследование работы двухкаскадного усилителя

Цель работы: снятие амплитудно-частотной характеристики двухкаскадного усилителя, определение его параметров.

Оборудование и приборы:

Лабораторный стенд.

Краткие теоретические сведения

Усилителем называется устройство, которое преобразует электрические колебания небольшой мощности, поступающие на вход, в электрические колебания большей мощности на выходе.

По назначению усилители делят в зависимости от выходной величины по отношению к входной – усилители напряжения, тока и мощности.

В зависимости от междукаскадных связей усилители бывают с резисторно-емкостной, трансформаторной, резисторно-трансформаторной и резонансной связями.

Основными характеристиками усилителей являются: коэффициент усиления, диапазон усиливаемых частот, выходная мощность, номинальное входное напряжение (чувствительность), коэффициент полезного действия, динамический диапазон амплитуд и уровень помех, коэффициенты нелинейных и частотных искажений усиливаемого сигнала.

Коэффициентом усиления называется отношение приращения выходного параметра к приращению входного параметра или отношение амплитуды выходного параметра к амплитуде входного параметра. Коэффициент усиления многокаскадного усилителя равен произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов.

Выходная мощность является одним из основных показателей усилителя и представляет собой полезную мощность.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда, представленную на рисунке 2.6.1. Определить назначение элементов на стенде.

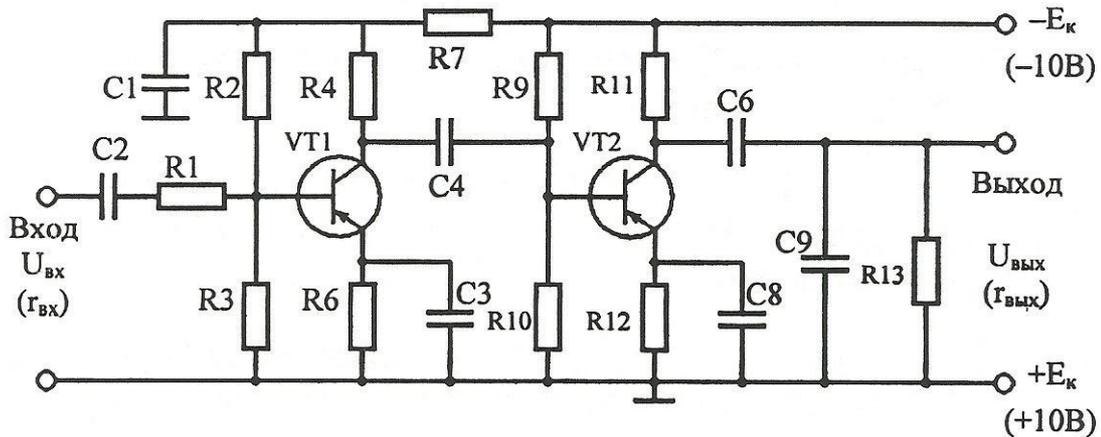


Рисунок 2.6.1. Принципиальная схема стенда

VT1, VT2 – транзисторы структуры p-n-p, усилительные элементы первого и второго каскадов усилителя.

R1 – резистор, ограничивающий величину тока базы первого каскада.

R2 – R3; R9 – R10 – делители для подачи напряжения смещения на базы транзисторов.

R4, R11 – коллекторные нагрузки первого и второго каскадов.

R6 – C3; R12 – C8 – ячейки отрицательной обратной связи первого и второго каскадов.

C2, C4, C6 – разделительные конденсаторы.

R1 – C1 – развязывающий фильтр.

R13, C9 – нагрузка усилителя.

$r_{вх}$ - входное сопротивление усилителя (на частоте 1 кГц $r_{вх} = 4$ кОм).

$r_{вых}$ – выходное сопротивление усилителя (на частоте 1 кГц $r_{вых} = 0,4$ кОм).

$$U_{\text{вх}} = 0,08 \text{ В} = \text{const.}$$

2. Включить блок питания.

3. По стрелочному индикатору генератора установить величину напряжения 0,08 В, ее величина должна поддерживаться постоянной в течение всей работы.

4. Для каждого значения частоты сигнала (согласно таблице 2.6.1) измерить с помощью тестера величину напряжения на выходе схемы. Полученные величины записать в таблицу 2.6.1.

Таблица 2.6.1 - Результаты измерений

f, Гц	100	500	1000	5000	10000	100000
$U_{\text{вых}}, \text{В}$						
K_n						
$K_n, \text{дБ}$						

5. Вычислить коэффициент усиления по напряжению (для каждой из указанных в таблице 2.6.1 частот).

Определение коэффициента усиления по напряжению

$$K_n = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}, \quad K_n, \text{дБ} = 20 \lg K_n$$

Результаты расчета занести в таблицу 2.6.1.

6. Для частоты $f=1000$ Гц вычислить коэффициент усиления усилителя по мощности.

Определение коэффициента усиления по мощности для частоты $f=1000$ Гц:

$$P_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вых}}^2}{r_{\text{вых}}} =$$

$$P_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}}^2}{r_{\text{вх}}} =$$

$$K_M = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} =$$

$$K_M, \text{дБ} = 10 \lg K_M =$$

7. По данным таблицы 2.6.1 построить амплитудно-частотную характеристику усилителя (рисунок 2.6.2), при этом масштаб изображения на оси частот должен быть логарифмическим.

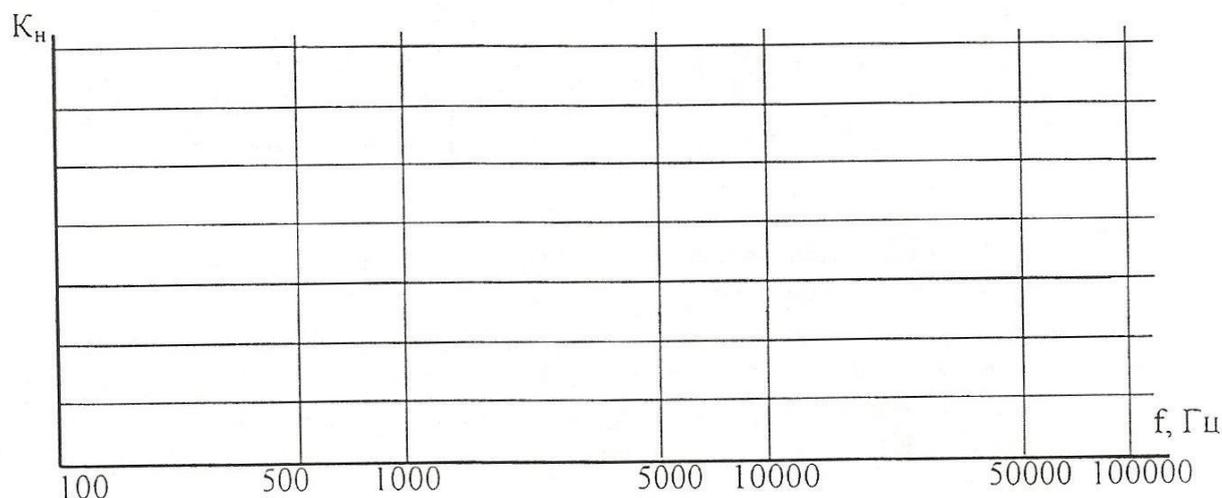


Рисунок 2.6.2. Амплитудно-частотная характеристика усилителя

Контрольные вопросы.

1. Какое устройство называют электронным усилителем?
2. Как выражается коэффициент усиления в относительных единицах и в децибелах?
3. Что такое обратная связь и как она влияет на параметры усилителя?
4. Какое устройство называется усилителем постоянного тока?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема с указанием назначения ее элементов.
3. Заполненная таблица 2.6.1.
4. График амплитудно-частотной характеристики $K_U = F(f)$.
5. Расчет коэффициента усиления по мощности.
6. Вывод по результатам работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 21

Тема: Исследование цепей преобразования импульсов

Цель работы: наблюдение формы сигналов дифференцирующей, переходной и интегрирующей R-C цепей, измерение параметров выходных сигналов этих цепей.

Оборудование и приборы:
лабораторный стенд;
осциллограф аналоговый.

Краткие теоретические сведения

Преобразование (формирование) импульсов заключается в преднамеренном изменении одного или нескольких параметров импульсов, поступающих на вход формирователя от какого-либо источника.

Дифференцирующей называют цепь, у которой постоянная времени ($\tau=RC$) много меньше длительности входных импульсов, а выходное напряжение снимается с сопротивления. Дифференцирующие цепи применяются в импульсных схемах для формирования коротких сигналов, которыми осуществляется управление электронными переключающими устройствами.

Интегрирующей называется цепь, у которой постоянная времени ($\tau=RC$) во много раз больше длительности входных импульсов, а выходное напряжение образуется на конденсаторе. Интегрирующие цепи применяют в основном для подавления коротких импульсных помех значительной амплитуды.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрические принципиальные схемы стенда, представленные на рисунках 2.7.1 и 2.7.2. Определить назначение элементов на стенде.

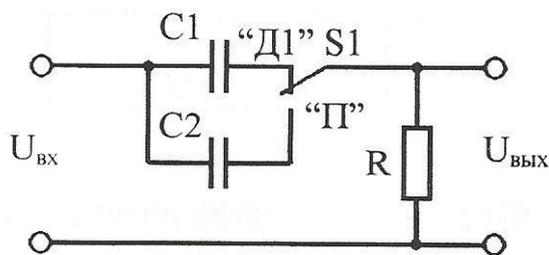


Рисунок 2.7.1. Принципиальная схема дифференцирующей цепи R, C1 и переходной цепи R, C2. $C2 \gg C1$.

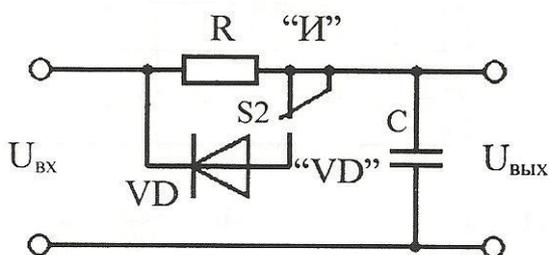


Рисунок 2.7.2. Принципиальная схема интегрирующей цепи R, C и диодного ограничителя VD.

2. Подготовить подачу входного импульса, для этого на генераторе установить:

- частоту повторения – $5 \times 10^3 = 5000$ Гц;
- временной сдвиг – $5 \times 1 = 5$ мкс;
- длительность – $2,0 \times 10 = 20$ мкс;
- амплитуду – $60 \times 0,3$;
- выход 1:1;
- синхроимпульсы – положительный сигнал;
- «Ампл.» - максимальная.

На осциллографе установить внешнюю синхронизацию положительными импульсами.

3. Соединить кабелем выход 1:1 генератора с гнездом входа формирующих схем.
4. Соединить вторым кабелем выход «синхроимпульсы» генератора с входом «синхронизация» осциллографа.
5. Подключить третий кабель к входу Y осциллографа.
6. Подключить выводы третьего кабеля на вход формирующих схем и отрегулировать изображение на осциллографе по масштабу, заданному во временной диаграмме «входной сигнал» (рисунок 2.7.3).
7. Поставить переключатель схем на щитке в режим «Д» (дифференцирующая цепь) и подключить третий кабель на выход дифференцирующей цепи. Заполнить в таблице 2.7.1 строку «дифференцирующая», используя изображение на экране осциллографа и масштаб делений. Зарисовать изображение, используя как основу рисунок 2.7.4.
8. Поставить переключатель схем на щитке в режим «П» (переходная цепь) и подключить третий кабель на выход переходной цепи. Заполнить в таблице 2.7.1 строку «переходная», используя изображение на экране осциллографа и масштаб делений. Зарисовать изображение, используя как основу рисунок 2.7.5.
9. Поставить переключатель схем на щитке в режим «И» (интегрирующая цепь) и подключить третий кабель на выход интегрирующей цепи. Заполнить в таблице 2.7.1 строку «интегрирующая», используя изображение на экране осциллографа и масштаб делений. Зарисовать изображение, используя как основу рисунок 2.7.6.
10. Поставить переключатель схем на щитке в режим диодного ограничителя и подключить третий кабель на выход интегрирующей цепи. Определить длительность импульса и записать в таблицу 2.7.1.
11. Отключить стенд и осциллограф.

Таблица 2.7.1 - Результаты измерений

Цепи R C	R, кОм	C	τ , мкс	U_m , В	t_n , мкс
Дифференцирующая	2,0	560 пФ			
Переходная	2,0	0,1 мкФ			
Интегрирующая	51	150 пФ			
					C VD:

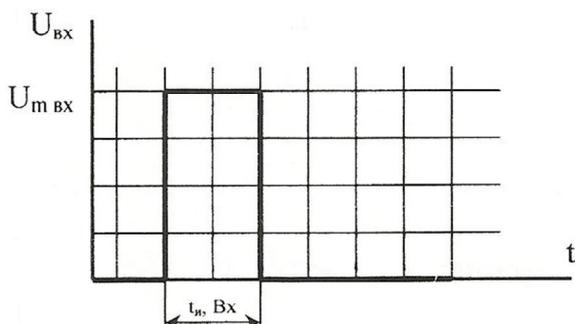


Рисунок 2.7.3. Осциллограмма входного сигнала

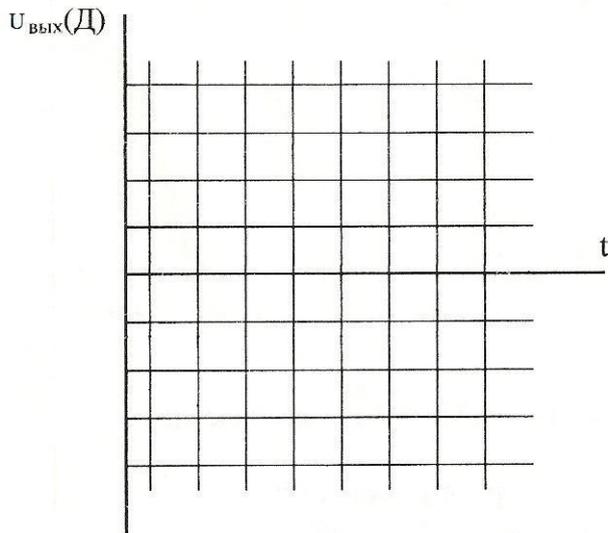


Рисунок 2.7.4. Осциллограмма сигнала с выхода дифференцирующей цепи

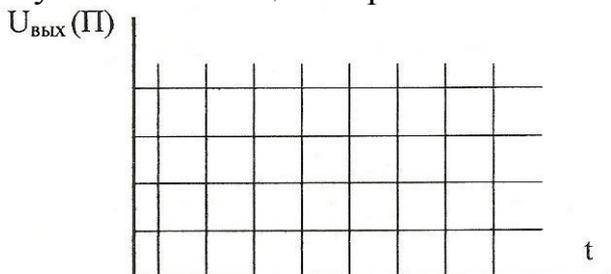


Рисунок 2.7.5. Осциллограмма сигнала с выхода переходной цепи

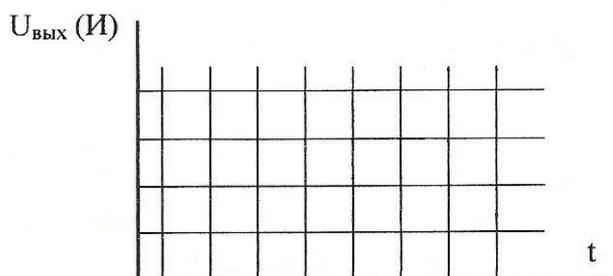


Рисунок 2.7.6. Осциллограмма сигнала с выхода интегрирующей цепи

Контрольные вопросы.

1. Какие цепи называются формирующими и почему?
2. Что такое постоянная времени?
3. В каком соотношении находятся величины t и τ в дифференцирующей, переходной и интегрирующей цепях?
4. Каковы области применения формирующих цепей?
5. Для чего в интегрирующей цепи применяется диод?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальные схемы исследуемых цепей.
3. Заполненная таблица 2.7.1.
4. Осциллограммы исследованных сигналов.
5. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 22

Тема: Исследование работы мультивибратора

Цель работы: наблюдение формы выходных сигналов автоколебательного и ждущего мультивибраторов на транзисторах, измерение параметров этих сигналов.

Оборудование и приборы:

лабораторный стенд;

осциллограф аналоговый.

Краткие теоретические сведения

Мультивибратором называется генератор импульсных колебаний заданной периодичности. Мультивибратор состоит из двух усилительных каскадов на транзисторах, с емкостными коллекторно-базовыми связями. При одинаковых параметрах каскадов мультивибратор называется симметричным. В мультивибраторе не может быть устойчивого состояния с двумя одновременно открытыми транзисторами. Период и частота колебаний симметричного мультивибратора определяются длительностями стадий разрядов конденсаторов.

Одновибратором (ждущим мультивибратором) называется одноконтурный генератор, возбуждающийся короткими входными импульсами. После каждого запуска одновибратор генерирует одиночный выходной импульс заданной длительности. Одновибратор состоит из двух каскадов с перекрестными коллекторно-базовыми связями, одна из которых является резисторной, а вторая – емкостной. Ждущий мультивибратор, подобно триггеру, обладает двумя состояниями равновесия, однако одно из них является длительно устойчивым, а другое – временно устойчивым. Эти

устройства применяют для расширения длительности импульсов, а также для их задержки.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда, представленную на рисунке 2.8.1. Определить назначение элементов на стенде.

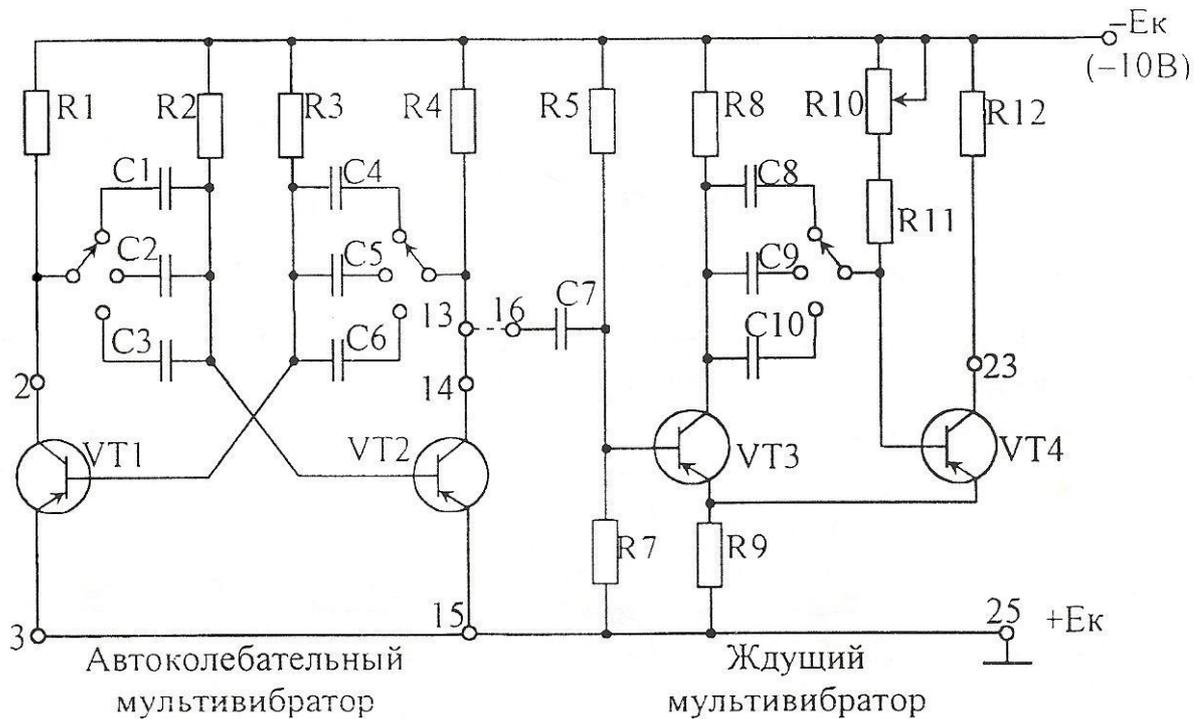


Рисунок 2.8.1. Принципиальная схема стенда

VT1...VT4 – транзистор типа МП40 (p-n-p).

R1; R3; R8; R12 – коллекторные нагрузки транзисторов.

R2; R3; R10; R11 – времязадающие базовые резисторы.

C1...C6; C8...C10 – времязадающие конденсаторы.

C7 – разделительный конденсатор.

R5... R7 – делитель напряжения смещения VT3.

R9 – резистор эмиттерной обратной связи.

2, 3; 14, 15 – выходные гнезда автоколебательного мультивибратора для подключения осциллографа.

23, 25 – выходные гнезда ждущего мультивибратора для подключения осциллографа.

Ждущий мультивибратор подключается переключкой 13-16, регулировка длительности его импульса осуществляется резистором R 10.

2. Автоколебательный мультивибратор. Подключить осциллограф к гнездам 14-15. Подать питание на стенд. Наблюдать выходные сигналы при включении конденсаторов C1-C4, C2-C5, C3-C6. Измерить параметры сигналов U_m , $t_{и1}$, T, и занести результаты в таблицу 2.8.1. Зарисовать форму выходного сигнала U_{14} , используя рисунок 2.8.2. Снять питание со стенда.

Таблица 2.8.1 - Результаты измерений параметров автоколебательного мультивибратора

Параметры сигнала Конденсаторы	$t_{и1}$ (мс)	T (мс)	f (кГц)	U_m (В)
C1 – C4				
C2 – C5				
C3 – C6				

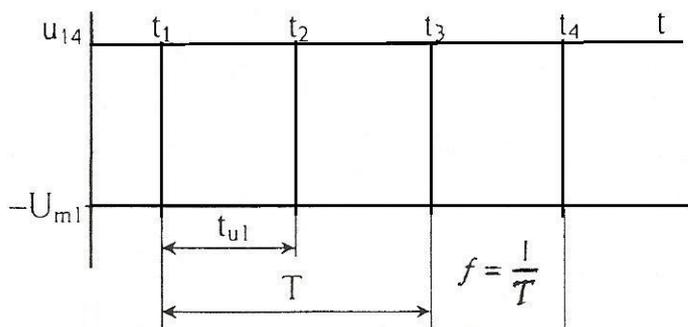


Рисунок 2.8.2. Осциллограмма сигнала с выхода автоколебательного мультивибратора

3. Ждущий мультивибратор. Подключить переключку 13-16 и осциллограф к гнездам 23-25. Подать питание на стенд. Наблюдать выходной сигнал при включении конденсаторов C8, C9, C10. Резистором R10 изменять длительность импульса $t_{и2}$ от минимального до максимального значения.

Результаты занести в таблицу 2.8.2. Зарисовать форму выходного сигнала U_{23} , используя рисунок 2.8.3. Снять питание со стенда.

Таблица 2.8.2 - Результаты измерений параметров ждущего мультивибратора

Параметры сигнала Конденсаторы	$t_{и2}$ (мс)	U_m (В)
C8		
C9		
C10		

$$f = \frac{1}{T}$$

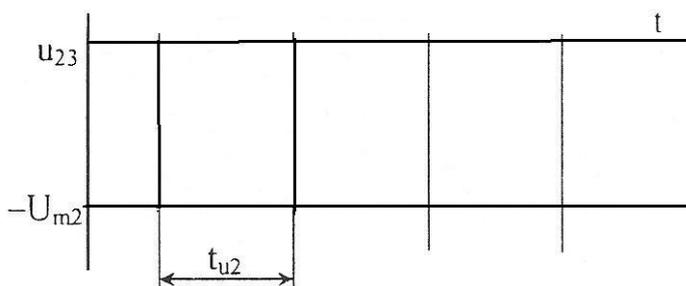


Рисунок 2.8.3. Осциллограмма сигнала с выхода ждущего мультивибратора

Контрольные вопросы.

1. Что такое мультивибратор?
2. Как работают автоколебательный и ждущий мультивибратор?
3. Сколько устойчивых состояний имеет автоколебательный и сколько ждущий мультивибратор?
4. Каковы особенности схемы симметричного мультивибратора?
5. Как можно изменить временные параметры выходных сигналов мультивибратора?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема стендов с указанием назначения элементов.
3. Заполненная таблица 2.8.1.
4. Осциллограмма сигнала с выхода автоколебательного мультивибратора.
5. Заполненная таблица 2.8.2.
6. Осциллограмма сигнала с выхода ждущего мультивибратора.
7. Вывод о результатах наблюдений, полученных в ходе выполнения работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 23

Тема: Исследование работы триггера

Цель работы: исследование симметричного транзисторного триггера с раздельным и счетным запуском, построение временных диаграмм.

Оборудование и приборы:

лабораторный стенд;

осциллограф аналоговый.

Краткие теоретические сведения

Триггер является электронным переключающим элементом, применяемым в устройствах автоматики, телемеханики, вычислительной техники для выполнения различных операций: хранения полученной информации, отсчета импульсов в виде датчика времени, и других функций.

Триггер обладает двумя устойчивыми состояниями. Он способен неограниченно долго сохранять одно из двух состояний устойчивого равновесия и почти мгновенно переключаться при воздействии управляющего сигнала. Триггер с одинаковыми параметрами каскадов называется симметричным. Устойчивые состояния триггера обозначают 0 и 1 и называют состояниями «нуля» и «единицы». Символ 0 соответствует низкому уровню напряжения, а символ 1 – высокому уровню напряжения. По типу организации входов схемы триггеры бывают с раздельными входами и с общим, или счетным входом.

Порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда, представленную на рисунке 2.9.1. Определить назначение элементов на стенде.

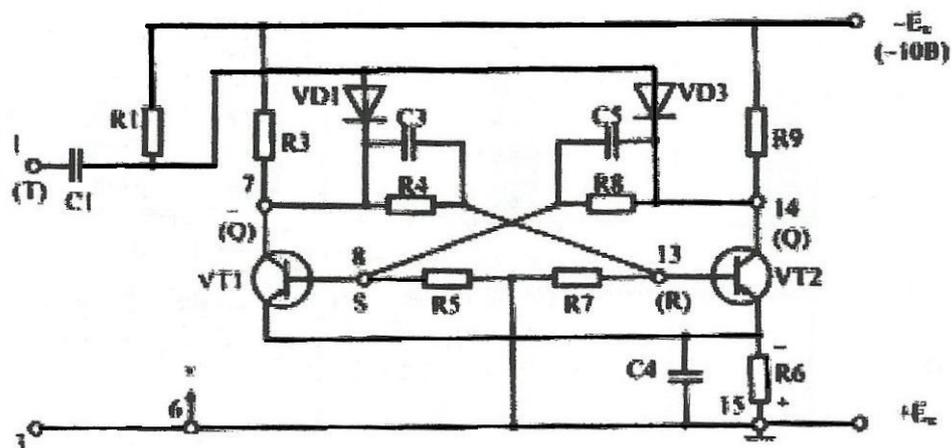


Рисунок 2.9.1. Принципиальная схема стенда

VT1, VT2 – транзисторы типа МП30 (p-n-p).

R3, R9 – коллекторные нагрузки транзисторов.

R1, C1 – дифференцирующая цепь счетного запуска.

VD1, VD3 – диоды цепи счетного запуска.

R4, R8 – резисторы связи.

C3, C5 – ускоряющие конденсаторы.

R5, R7 – базовые резисторы.

R6, C4 – ячейка автоматического смещения.

x – контакт отдельного запуска.

8, 13 – гнезда отдельного запуска.

1, 3 – гнезда счетного запуска.

6, 7 и 14, 15 – гнезда для подключения вольтметра или осциллографа.

2. Включить блок питания (под наблюдением преподавателя).

3. Для режима отдельный запуск:

3.1. Установить тестер на предел измерения 10 В постоянного тока.

3.2. С помощью контакта «x» подать отрицательный потенциал на точку 8(S) и измерить напряжение в точке 7(Q) и в точке 14 (Q). Данные замеров занести в таблицу 2.9.1 в графу t_1 .

- 3.3. С помощью контакта «х» подать отрицательный потенциал на точку 13(R) и измерить напряжение в точке 7(\bar{Q}) и в точке 14 (Q). Данные замеров занести в таблицу 2.9.1 в графу t_2 .
- 3.4. Повторить п.п. 3.2. и 3.3. Результаты замеров занести в графы t_3 и t_4 .
- 3.5. Построить временные диаграммы сигналов U7 и U14 согласно заданным U8 и U13, в скобках записать состояние триггера («0» или «1»).

Таблица 2.9.1 - Результаты измерений при раздельном запуске

Момент времени t	t_1	t_2	t_3	t_4
$U_7 (Q), В$				
$U_{14} (\bar{Q}), В$				

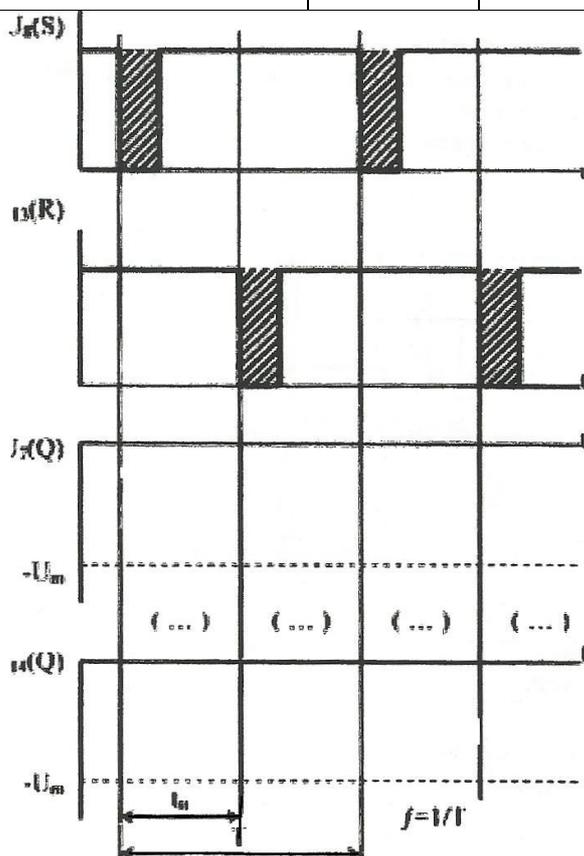


Рисунок 2.9.2. Осциллограмма раздельного запуска

4. Для режима счетный запуск:

4.1. На генераторе установить:

- длительность импульса $t_{зи} = 10 \times 10$ мкс;

- частоту повторения $f_3 = 2 \times 10^3 \text{ Гц}$;
- временной сдвиг 0 мкс ;
- амплитуду импульса $U_m = 60 \text{ В} \times 0,3$ на выходе 1:1.

4.2. Соединить кабелем выход 1:1 генератора с гнездом 1 (Т) триггера.

4.3. Соединить другим кабелем гнездо 14 (Q) триггера с осциллографом (вход Y).

4.4. Установить на осциллографе режим «внутренняя синхронизация».

4.5. Подать запускающие импульсы на гнездо 1 (Т). Измерить параметры выходного сигнала U_m , $t_{и}$, T , вычислить частоту повторения импульсов f и результаты замеров занести в таблицу 2.9.2. Построить временные диаграммы сигналов U_7 и U_{14} . Сравнить величины T , T_3 , f , f_3 , сделать вывод о назначении триггера.

Таблица 2.9.2 - Результаты измерений при счетном запуске

$U_{ми}$ (В)	$t_{зи}$ (мкс)	T_3 (мс)	f_3 (кГц)	U_m (В)	$t_{и}$ (мс)	T (мс)	f (кГц)

$$f = \frac{1}{T}$$

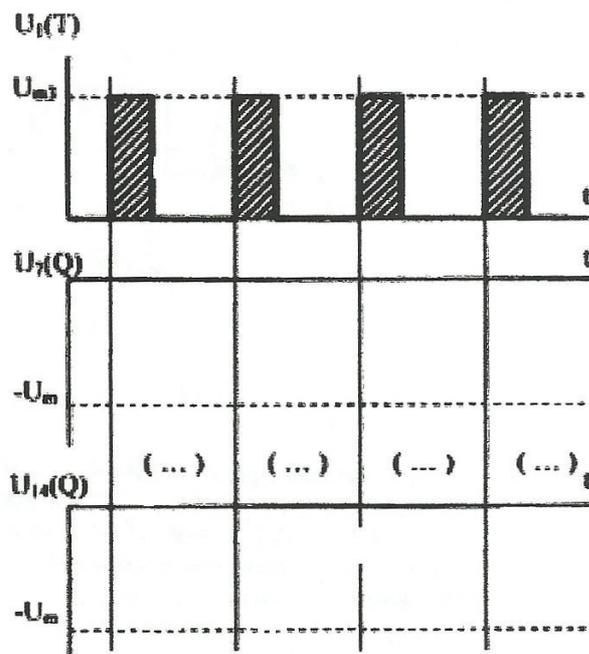


Рисунок 2.9.3. Осциллограмма счетного запуска

Контрольные вопросы.

1. Что такое триггер?
2. Что такое запуск триггера? Какие бывают виды запуска?
3. Почему данный триггер является симметричным?
4. Почему триггер является двоичным элементом и элементом памяти?
5. Как с помощью тестера можно определить состояние триггера?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема стенда с пояснениями.
3. Заполненная таблица 2.9.1.
4. Временная диаграмма раздельного запуска.
5. Заполненная таблица 2.9.2.
6. Временная диаграмма счетного запуска.
7. Вывод о результатах наблюдений, полученных в ходе выполнения работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 24

Тема: Исследование логических элементов

Цель работы: исследование одно- и двухвходовых логических элементов на базе цифровых ИМС, составление таблиц истинности.

Оборудование и приборы:

Лабораторный стенд.

Краткие теоретические сведения

Логическими называются такие схемные элементы, при помощи которых производится обработка поступающей в них двоичной информации и непосредственное выполнение предусмотренных логических операций. Любую сложную логическую операцию можно осуществить сочетанием в определенной последовательности трех элементарных операций: И, ИЛИ, НЕ.

Логическая операция И имеет в общем случае n входов и 1 выход. Сигнал определенного знака на выходе схемы должен появиться только в том случае, если на все входы поданы сигналы того же знака, совпадающие по времени.

Логическая операция ИЛИ имеет также n входов и 1 выход. Она обеспечивает на выходе схемы сигнал определенного знака, когда на любом из ее входов находится сигнал того же знака.

Операция НЕ обеспечивает на выходе схемы сигнал, противоположный по знаку входному.

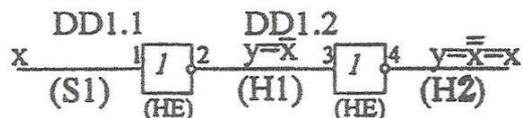
Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучить элементы стенда. Работа выполняется на стенде с цифровыми интегральными схемами. Входные сигналы «х» (0 и 1) подаются при помощи переключателей S3...S10, выходные сигналы «у» ото-

бражаются светодиодами Н1...Н16 (горит – 1; не горит – 0). Значения выходных сигналов записываются в таблицы истинности (таблицы 2.10.1 – 2.10.5). У интегральных микросхем DD1, DD2, DD3 на вывод 14 подается +5В, на вывод 7 подается -5В.

2. Собрать схемы инвертора и повторителя, заполнить таблицу 2.10.1.

1. Элементы ИНВЕРТОР (функция $y=\bar{x}$) и ПОВТОРИТЕЛЬ (функция $y=x$).



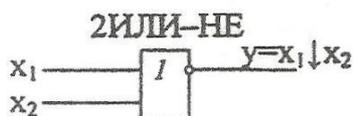
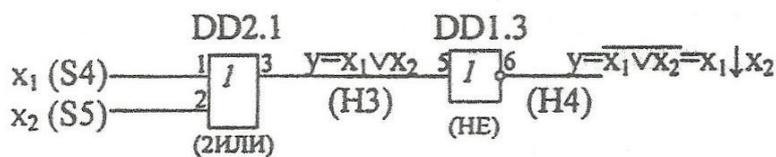
DD1 – ИМС К155ЛН1

Таблица 2.10.1 – Таблица истинности для инвертора и повторителя

x	$y = \bar{x}$	$y = x$
0		
1		

3. Собрать схемы ИЛИ, ИЛИ-НЕ, заполнить таблицу 2.10.2.

2. Элементы 2ИЛИ ($y=x_1 \vee x_2$) и 2ИЛИ-НЕ ($y=x_1 \downarrow x_2$).



DD1 – ИМС К155ЛН1

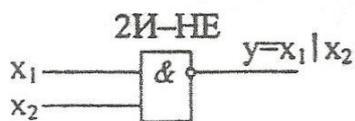
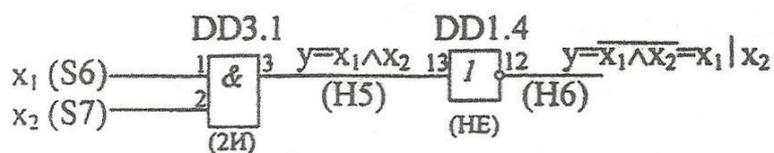
DD2 – ИМС К555ЛЛ1

Таблица 2.10.2 – Таблица истинности для схем ИЛИ, ИЛИ-НЕ

x_1	x_2	$y = x_1 \vee x_2$	$y = x_1 \downarrow x_2$
0	0		
1	0		
0	1		
1	1		

4. Собрать схемы И, И-НЕ, заполнить таблицу 2.10.3.

3. Элементы 2И ($y=x_1 \wedge x_2$) и 2И-НЕ ($y=x_1 \downarrow x_2$).



DD1 – ИМС К155ЛН1
DD3 – ИМС К555ЛИ1

Таблица 2.10.3 – Таблица истинности для схем И, И-НЕ

x_1	x_2	$y = x_1 \wedge x_2$	$y = \overline{x_1 \wedge x_2}$
0	0		
1	0		
0	1		
1	1		

5. Собрать схему ИМПЛИКАТОР, заполнить таблицу 2.10.4.

4. Элемент ИМПЛИКАТОР ($y=x_1 \rightarrow x_2$).

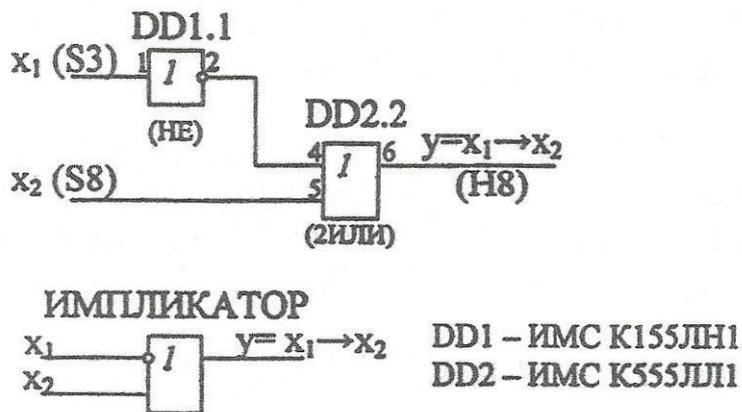


Таблица 2.10.4 – Таблица истинности для схемы ИМПЛИКАТОР

x_1	x_2	$y = x_1 \rightarrow x_2$
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

6. Собрать схему ЗАПРЕТ, заполнить таблицу 2.10.5.

5. Элемент ЗАПРЕТ ($y=x_1 \Delta x_2$).

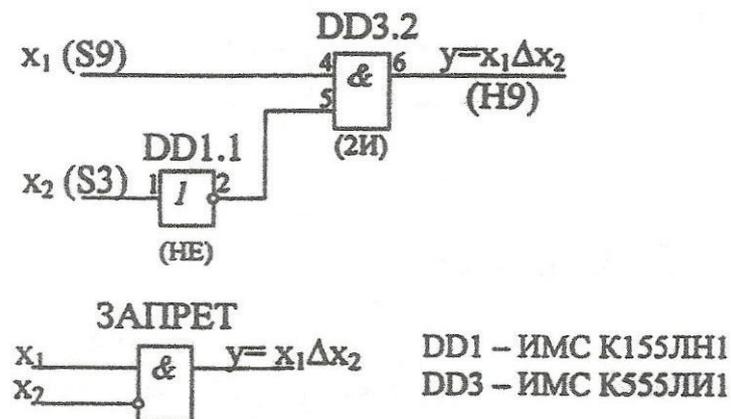


Таблица 2.10.5 – Таблица истинности для схемы ЗАПРЕТ

x_1	x_2	$y = x_1 \Delta x_2$
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

7. Сделать вывод по результатам наблюдений.

Контрольные вопросы.

1. Какие задачи называются логическими?
2. Что такое "базис" и какие логические функции его образуют?
3. Приведите примеры логических функций одного аргумента.
4. Приведите примеры логических функций двух аргументов.
5. Какие выводы можно сделать, сравнивая по таблицам истинности пары логических функций ИМПЛИКАЦИЯ – ЗАПРЕТ и РАВНОЗНАЧНОСТЬ – ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ?

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Функциональные схемы собранных логических функций.
3. Заполненные таблицы 2.10.1 – 2.10.5.
4. Вывод о результатах наблюдений, полученных в ходе выполнения работы.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Акимова Г.Н. Электронная техника [Текст] [Электронный ресурс]: учебник. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 331 с. — Режим доступа:
<https://e.lanbook.com/book/99605>.
2. Фролов В.А. Электронная техника [Текст]: учебник: в 2 ч. – М.: ФГБОУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. Ч. 1: Электронные приборы и устройства. – 532 с.
3. Фролов В.А. Электронная техника [Текст]: учебник: в 2 ч. – М.: ФГБОУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. Ч. 2: Схемотехника электронных схем. – 611 с.

Дополнительные источники:

4. Ивакина М.В., Горн Е.В. ОП 02 Электротехника и электроника. [Текст]: Методическое пособие по проведению лабораторных и практических занятий. Часть 2. специальность 13.02.07 (140409) Электроснабжение (по отраслям) (на железнодорожном транспорте). – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 143 с.
5. Бурков, А.Т. Электроника и преобразовательная техника. Том 1: Электроника. [Электронный ресурс]: учеб. — Электрон. дан. — М.: УМЦ ЖДТ, 2015. — 480 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/79994>.
6. Бурков, А.Т. Электроника и преобразовательная техника. Том 2: Электронная преобразовательная техника. [Электронный ресурс]: учеб. — Электрон. дан. — М.: УМЦ ЖДТ, 2015. — 307 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/79995>.