

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Колледж радиоэлектроники имени П.Н. Яблочкова

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР
Чернова Н.Н.
« 2 » 09 2021 г.



МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

по МДК.02.02 Методы настройки и регулировки устройств и блоков
радиоэлектронных приборов
для студентов специальности

11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники
(по отраслям)

Разработал преподаватель



Т.А.Саушева

Рассмотрен на заседании цикловой комиссии

Радиотехнических дисциплин

Протокол № 1 от 01.09. 2021 г.

Председатель цикловой комиссии



С.В.Гришина

Методические рекомендации предназначены для студентов Колледжа радиоэлектроники им. П.Н. Яблочкова, выполняющих курсовое проектирование по МДК.02.02 Методы настройки и регулировки устройств и блоков радиоэлектронных приборов

Пособие содержит общие методические рекомендации по курсовому проектированию, изложение некоторых теоретических вопросов дисциплины, необходимых для выполнения курсового проекта, которые не нашли достаточного освещения в лекционном курсе, примеры выполнения расчетов, а также краткий справочный материал.

Пособие подготовлено преподавателем Т.А. Саушевой

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Структура и порядок курсового проектирования	6
1.1. Расчетно-пояснительная записка	6
1.2. Графическая часть курсового проекта	10
1.3. Порядок выполнения и защиты курсового проекта	11
1.4. Технические задания по темам курсовых проектов	12
2. Методические рекомендации по выполнению заданий	13
2.1. Методические рекомендации по расчету усилителя	13
Приложение А Титульный лист	42
Приложение Б Задание	43
Приложение В Содержание	45
Приложение Г Список используемых источников	46
Приложение Д Перечень элементов	47
Приложение Е Технологическая карта регулировки	48

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение курсового проекта является заключительным этапом обучения студентов по МДК.02.02 «Методы настройки и регулировки устройств и блоков радиоэлектронных приборов» и имеет своей целью систематизацию, закрепление и расширение теоретических знаний и практических навыков при решении конкретных технических задач; развитие навыков самостоятельной работы с технической литературой в ходе анализа и расчетов; приобретение творческих навыков при самостоятельном решении практических задач; подготовку к дипломному проектированию.

Во время курсового проектирования студент должен показать умение использовать теоретические знания, накопленные в результате изучения всех предшествующих дисциплин для решения конкретной задачи, и освоить в короткий срок новые разделы в пределах изученных дисциплин для проектирования устройств на современном уровне достижений науки и техники.

В процессе выполнения курсовых проектов и работ должны быть решены основные задачи формирования будущего техника: обучение передовым методам инженерного проектирования, методам ведения научно - исследовательской работы при конкретном проектировании и практическому использованию при разработке образцов новой техники основных положений научной организации, привитие навыков использования вычислительной техники на всех стадиях разработки расчета и конструирования; усиление конструкторско-технологической и экономической подготовки.

Курсовой проект является одной из форм работы студентов, при выполнении которой все решения принимаются самостоятельно. Роль руководителя курсового проекта при этом заключается в оценке принципиальных решений, методической помощи, контроле сроков и содержания работы.

В курсовом проекте разрабатываются различные узлы и устройства, используемые в промышленной и бытовой аппаратуре.

Выполнение курсового проекта по курсу МДК.02.02 «Методы настройки и регулировки устройств и блоков радиоэлектронных приборов» имеет своей целью закрепление теоретических знаний путем разработки структурной и принципиальной схемы, а также проведением расчетов различных электронных устройств, узлов и элементов, использования справочной литературы, ЕСКД и ГОСТов. При этом студенты самостоятельно решают следующий круг вопросов:

- изучение литературы по теме курсового проекта;
- анализ существующих структур аналогичных устройств, выявление их достоинств и недостатков;
- разработка принципиальной электрической схемы проектируемого устройства;
- расчет параметров элементов принципиальной электрической схемы проектируемого устройства;
- выбор элементной базы проектируемого устройства;
- разработка технологии тестирования усилителя;
- оформление пояснительной записки и графического материала.

1. Структура и порядок курсового проектирования

1.1. Расчетно-пояснительная записка

Расчетно-пояснительная записка является основным содержательным документом, включающим в себя все этапы разработки выбранного варианта устройства, и оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32 - 91, ГОСТ 2.105 - 95, определяющими требования, структуру и правила оформления научно - технических документов.

Расчетно-пояснительная записка представляет собой текстовый документ, выполняемый в соответствии с требованиями ЕСКД. Пояснительная записка выполняется на бумаге формата 11 (297X210) на одной стороне листа. Общий объем пояснительной записки должен составлять 25-30 листов формата А4, включая иллюстрации.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие структурные элементы в приведенной последовательности:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- содержание;
- введение;
- анализ работы усилителя;
- расчет усилителя;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Титульный лист

Титульный лист пояснительной записки содержит сведения о колледже, название темы и дисциплины, по которой выполняется проект, шифр пояснительной записки, а также сведения о студенте, разработавшем данный документ, его консультанте и годе выполнения. На титульном листе в соответствующих графах студент ставит свою подпись и дату. Титульный лист может быть использован стандартный, выполненный с помощью компьютера.

Рекомендуемая форма титульного листа приведена в приложении А.

Задание на курсовую работу

Задание на курсовой проект может быть вписано также в стандартный бланк.

Оно должно содержать сведения о колледже и дисциплине, по которой выполняется курсовой проект, название её темы, сведения о студенте, выполнявшем проект, дате выдачи и плановом сроке выполнения проекта, фамилию и инициалы руководителя проекта.

Задание может включать в себя научно-исследовательские разработки, экспериментальные исследования и тому подобное. Задание заполняется студентом после выбора варианта работы и подписывается руководителем курсового проекта. Рекомендуемая форма бланка задания приведена в приложении 2.

Содержание

В содержании приводятся все основные этапы выполнения курсовой работы с конкретным указанием листов: введение, выбор и обоснование структурной схемы, выбор и обоснование принципиальной схемы, расчет принципиальной схемы, заключение, список использованных источников, приложения. Слово "СОДЕРЖАНИЕ" пишут прописными буквами полужирным шрифтом в середине строки. Слово «страница» не пишут.

Введение

Введение кратко характеризует современное состояние электроники в целом и, в частности, в области разработки устройств по теме курсового проекта, назначение и область применения разрабатываемого устройства.

Анализ работы усилителя

В общей части курсового проекта кратко излагаются сведения о ключевых словах, о разработанном устройстве, его характеристиках и параметрах, его особенностях, области применения и условиях эксплуатации, описываются аналогичные устройства, известные из технической, учебной или патентной литературы, приводится анализ их недостатков и достоинств.

Расчет усилителя

В этой части раскрывается содержание основных этапов разработки выбранного варианта электронного устройства.

Расчётная часть курсового проекта должна содержать следующие разделы:

- выбор и обоснование принципиальной схемы проектируемого устройства или его частей (по согласованию с преподавателем);
- описание принципа работы проектируемого устройства;
- расчёт элементов устройства, выбор типов и номиналов отдельных элементов.

Расчёт элементов устройства ведется на основе знаний соответствующих курсов лекций, технической и справочной литературы. Предметом расчетов должны быть все основные параметры элементов. Выбор элементов обосновывается этим расчётом, при этом выбор транзисторов и резисторов должен учитывать рассеиваемую на них мощность. Если расчет показывает, что схема не позволяет получить заданные параметры, производится коррекция схемы или выбирается новая.

В этой части курсового проекта разрабатывается технология тестирования усилителя.

Заключение

В заключении курсового проекта приводится оценка полученных результатов, их сравнение с техническим заданием. Возможно сравнение с устройством, выпускаемым промышленностью. Рекомендуется указать мероприятия, направленные на дальнейшее улучшение параметров разработанного устройства.

Список использованных источников

Список использованной литературы приводится после заключения и оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-91. Списку литературы должно предшествовать заглавие “СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ“. В список входит техническая и патентная литература, ГОСТы, периодические

издания, справочники, учебные и методические пособия, использованные в ходе выполнения курсового проекта. Источники в списке перечисляются в порядке появления ссылок на них в тексте. Допускается оформление списка в алфавитном порядке. На все источники списка в тексте записки должны быть ссылки.

Приложения

В приложения включается спецификация и вспомогательный материал: использованные вольтамперные характеристики полупроводниковых приборов, таблицы зависимостей и графики большого формата, необходимые для расчётов, алгоритмы и программы машинных расчётов, если они создавались или использовались в ходе работы над темой, иллюстрации вспомогательного характера.

Приложения располагаются в порядке появления ссылок на них в тексте основных разделов пояснительной записки.

Приложения могут быть обязательными и информационными, а последние могут быть рекомендуемого или справочного характера.

Приложения оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа (например, спецификацию или перечень элементов). Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Опечатки, описки и графические неточности, исправляют подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на этом же месте исправленного текста (графики) того же цвета.

1.2. Графическая часть курсового проекта

Графическая часть содержит чертеж – принципиальная электрическая схема проектируемого устройства с перечнем элементов, выполняемый на листе формата А3. В случае, если для какой-либо схемы требуется больше места, то по согласованию с преподавателем лист формата А3 может быть заменен на другой.

Правила выполнения принципиальных схем

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы, разъемы и т.п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

На схеме допускается изображать соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД.

1.3. Порядок выполнения и защиты курсовой работы

Задание на курсовой проект выдается согласно расписанию занятий преподавателем.

При выдаче задания со студентами проводится вводная беседа о целях и задачах курсовой работы, порядке выполнения и защиты, указываются пособия и технические материалы, которые студенты могут использовать при проектировании.

Для более успешного контроля рекомендуется составить календарный план выполнения проекта студентом и строго его придерживаться.

В ходе работы над проектом студенты должны посещать консультации по расписанию, согласованному с преподавателем.

После окончания всех расчетов и оформления записки и чертежей они сдаются на проверку преподавателю за 3-5 дней до защиты. После исправления

замечаний, представленные материалы подписываются преподавателем и могут быть допущены к защите.

Студент защищает проект перед специальной комиссией, назначенной зам.директора по учебной работе. Защита заключается в докладе о проделанной работе и ответах на поставленные комиссией вопросы. Доклад по времени не должен превышать 5—8 мин, в течение которых студент должен изложить: тему; полученное задание и исходные данные; обоснование принятых методов решения задачи; методику расчетов, полученные результаты и их сравнение с известными разработками; общие выводы.

Оценка курсового проекта выставляется по результатам защиты, при этом комиссией учитываются содержание и оформление проекта, качество доклада, ответы на вопросы.

1.4. Технические задания по темам курсовых работ

Темы для курсового проектирования разрабатывает преподаватель, ведущий дисциплину. Каждому студенту выдается руководителем задание на курсовое проектирование.

В качестве проектируемых предлагаются модификации известных устройств. Кроме того, студенты могут по согласованию с преподавателем выполнять курсовой проект по теме будущего дипломного проекта, если в нем решаются вопросы аналогичного характера. В этих случаях задание и объем работы определяются преподавателем индивидуально.

Темы курсовых проектов:

- транзисторный усилитель электрических сигналов (по вариантам);
- по тематике студенческих научных или дипломных работ

Транзисторный усилитель электрических сигналов

В ходе поиска неисправности электронного устройства удалось установить, что вышла из строя плата одного из каскадов усилителя. Из технической документации на данное устройство известна схема усилителя и удалось установить условия сопряжения данной платы с входными и выходными устройствами.

Имеющаяся в наличии элементная база позволяет изготовить каскад усилителя и заменить им неисправную плату.

Требуется рассчитать усилитель по известным исходным данным и выбрать необходимые элементы для его изготовления.

Задание:

Для усилительного транзисторного каскада (рис. 1):

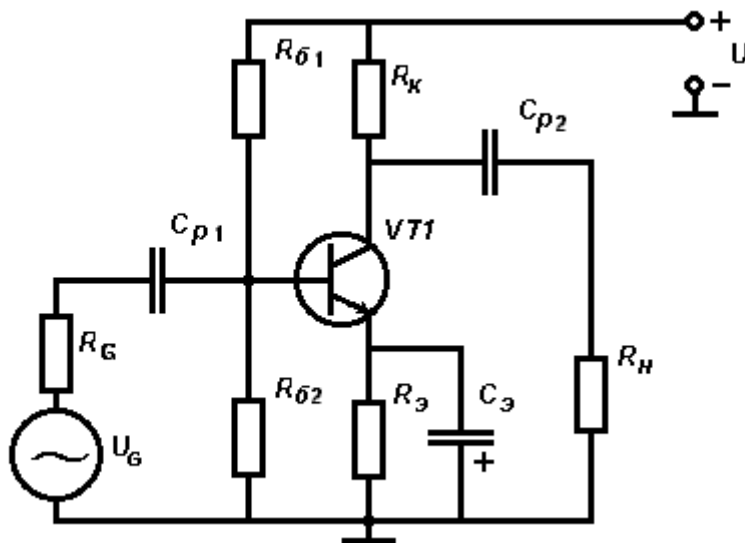


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема усилительного каскада

Выбрать транзистор, определить напряжение источника питания U_{Π} , рассчитать сопротивление резисторов и выбрать их номиналы.

Найти амплитуды напряжения и тока базы $U_{\text{бм}}$, $I_{\text{бм}}$, коэффициенты усиления каскада по току, напряжению и мощности K_I , K_U , K_P и амплитуду напряжения источника сигнала U_{Gm} .

Определить h-параметры, $h_{11Э}$, $h_{21Э}$ в рабочей точке транзисторного каскада, его входное и выходное сопротивления R_{BX} и $R_{BЫX}$.

Рассчитать емкости конденсаторов, выбрать их номинал.

Разработать технологию тестирования усилительного каскада

Исходные данные для расчетов выбираются из таблицы 1 по трем цифрам варианта, выдаваемым преподавателем в задании.

Таблица 1 - Варианты задания для расчета схемы.

Цифра варианта	Параметр	Цифра варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
первая	R_H , Ом	100	150	180	300	400	500	400	350	370	300
	$U_{нм}$, В	0,5	1	1,5	2	2,5	2,25	1,75	1,25	0,75	1
вторая	R_G , Ом	100	150	200	300	350	400	450	500	600	700
	F_n , Гц	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
для всех вариантов	M_n	1,41									

2. Методические рекомендации по выполнению заданий

2.1. Методические рекомендации по расчету усилительного каскада

Рассчитать сопротивление резистора коллекторной цепи транзистора R_K :

$$R_K = (1 + K_R) \cdot R_H,$$

где K_R – коэффициент соотношения сопротивлений R_H и R_K .

$$K_R = 1,2 \div 1,5 \text{ при } R_H \leq 1 \text{ кОм};$$

$$K_R = 1,5 \div 5,0 \text{ при } R_H > 1 \text{ кОм}.$$

Номинал резистора R_K выбирается из справочника.

Определить эквивалентное сопротивление нагрузки каскада

$$R'_H = \frac{R_K R_H}{R_K + R_H}.$$

Найти амплитуду коллекторного тока транзистора:

$$I_{км} = \frac{U_{нм}}{R'_H}.$$

Определить ток покоя (ток в рабочей точке) транзистора

$$I_{кп} = \frac{U_{км}}{k_3},$$

где k_3 – коэффициент запаса.

$$k_3 = 0,7 \div 0,95,$$

$k_3 = 0,7$ – максимальные нелинейные искажения,

$k_3 = 0,95$ – максимальный КПД.

Мощность рассеивания резистора R_K выбирается из условия:

$$P_{R_K} \geq I_{кп}^2 \cdot R_K.$$

Рассчитать минимальное напряжение коллектор-эмиттер рабочей точке транзистора:

$$U_{кэп\ min} = U_{нм} + U_0,$$

где U_0 – напряжение коллектор-эмиттер, соответствующее началу прямолинейного участка выходных характеристик транзистора, В;

$U_0 = 1\text{В}$ – для транзисторов малой мощности ($P_K \leq 150\text{ мВт}$):

$U_0 = 2\text{В}$ – для транзисторов большой и средней мощности ($P_K > 150\text{ мВт}$).

Если $U_{кэп\ min}$ меньше типового значения $U_{кэп} = 5В$, то следует выбрать $U_{кэп} = 5В$, в противном случае

$$U_{кэп} = U_{кэп\ min}.$$

Рассчитать напряжение источника питания

$$U_n = \frac{U_{кэп} + I_{кп} \cdot R_k}{0,7 \div 0,9},$$

значение расчетного напряжения U_n округлить до ближайшего целого числа.

Определить и выбрать номинал сопротивления резистора эмиттерной цепи транзистора:

$$R_э = (0,1 \div 0,3) \frac{U_{п}}{I_{кп}}.$$

Найти мощность рассеивания резистора $R_э$: $P_{R_э} \geq I_{кп}^2 \cdot R_э \dots$

Выбрать транзистор из справочника по параметрам:

а) максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер

$$U_{кэдоп} \geq U_n;$$

б) максимально допустимый средний ток коллектора

$$I_{к\ доп} > I_{кп} U_{кп},$$

в) максимальная мощность рассеивания па коллекторе $P_{к\ max}$ при наибольшей температуре окружающей среды T_m .

$$P_{к\ max} > I_{кп};$$

$P_{к\ max}$ находится по формуле:

$$P_{к\ max} = P_{к\ доп} \frac{T_{n\ max} - T_m}{T_{n\ max} - T_0},$$

где $P_{\text{кдоп}}$ – максимально допустимая мощность рассеивания на коллекторе при температуре окружающей среды T_0 , Вт;

$T_{\text{нmax}}$ – максимальная температура перехода, °С;

T_0 – температура окружающей среды, при которой нормируется $P_{\text{кдоп}}$, 25°С;

$P_{\text{кдоп}}$, $T_{\text{нmax}}$ – справочные величины.

Вычертить входные и выходные характеристики выбранного транзистора.

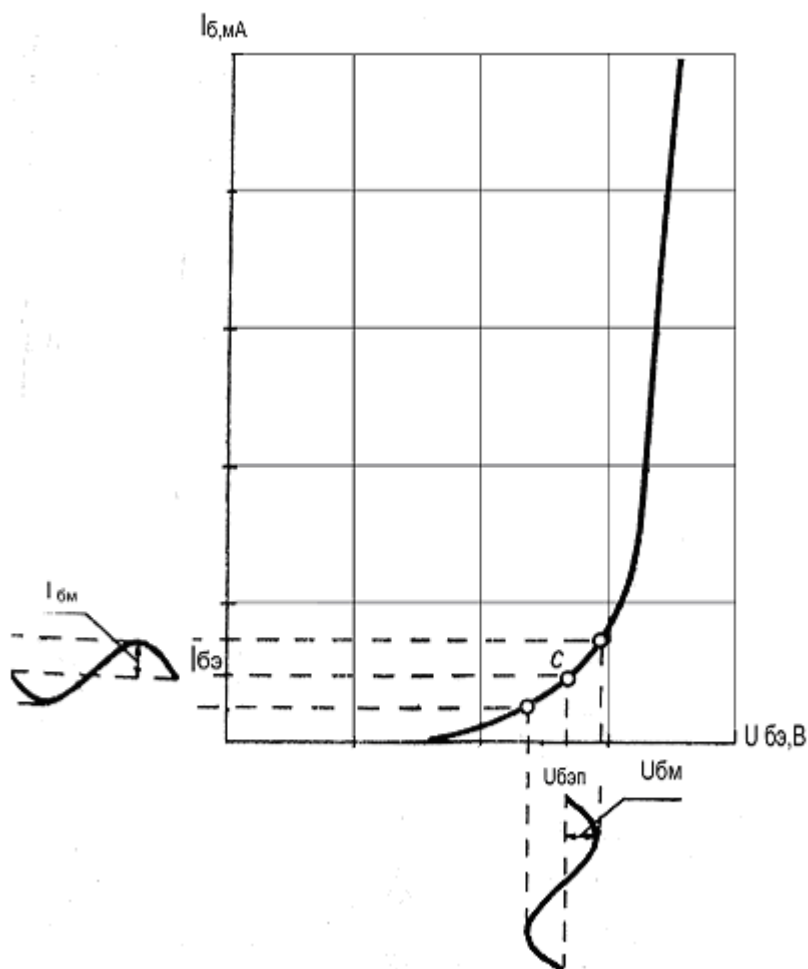


Рисунок 2 - Входная характеристика транзистора

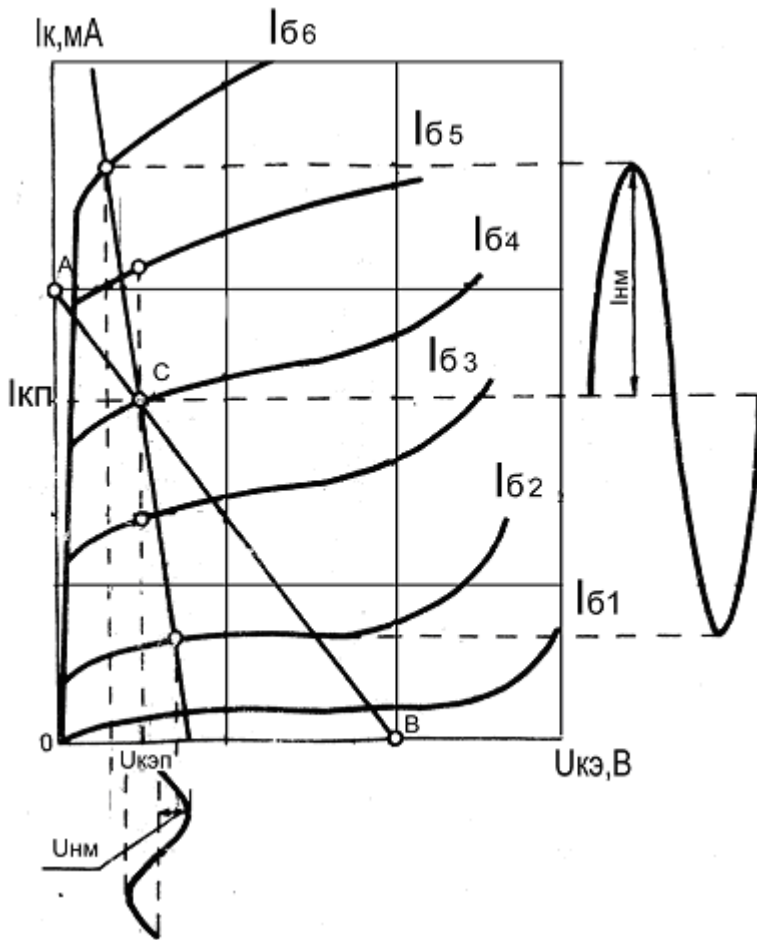


Рисунок 3 - Выходная характеристика транзистора

На выходных характеристиках транзистора построить нагрузочную прямую постоянного тока по точкам A, B с координатами (рис. 3)

$$\text{точка } A \quad U_{кэ} = 0, \quad I_k = \frac{U_n}{R_k + R_э},$$

$$\text{точка } B \quad U_{кэ} = U_n, \quad I_k = 0.$$

На пересечении нагрузочной прямой и прямой $I_k = I_{кп}$ нанести рабочую точку C . Уточнить напряжение $U_{кэ}$ в рабочей точке ($U_{кэп} = U_{кэ}$ в точке C).

Определить ток базы $I_{бп}$ транзистора в точке C (рабочей точке).

На входную характеристику (рис. 2) нанести рабочую точку C - пересечение входной характеристики (при $U_{кэп}$) и прямой $I_{\delta} = I_{\delta n}$.
 Определить $U_{\delta \text{эп}}$.

Выбрать ток, протекающий через базовый делитель:

$$I_{\text{д}} = (5 \div 10) I_{\delta n}$$

Рассчитать сопротивления и выбрать номиналы резисторов базового делителя $R_{\delta 1}, R_{\delta 2}$:

$$R_{\delta 2} = \frac{U_{\delta \text{эп}} + I_{\text{кл}} R_{\text{э}}}{I_{\text{д}}}; \quad R_{\delta 1} = \left(\frac{U_{\text{н}}}{U_{\delta \text{эп}} + I_{\text{кл}} R_{\text{э}}} - 1 \right) \cdot R_{\delta 2}.$$

Найти мощность рассеивания резисторов базового делителя:

$$P_{R_{\delta 1}} \geq I_{\text{д}}^2 \cdot R_{\delta 1}; \quad P_{R_{\delta 2}} \geq I_{\text{д}}^2 \cdot R_{\delta 2}.$$

Найти эквивалентное сопротивление базового делителя.

$$R_{\text{д}} = \frac{R_{\delta 1} R_{\delta 2}}{R_{\delta 1} + R_{\delta 2}}.$$

Определить по входным характеристикам транзистора его входное сопротивление в рабочей точке; задать приращение $h_{11\text{э}}$ около рабочей точки C , найти соответствующее ему приращение базового тока. Вычислить

$$h_{11\text{э}} = \frac{\Delta U_{\delta \text{э}}}{\Delta I_{\delta}}.$$

По выходным характеристикам транзистора определить коэффициент передачи тока транзистора $h_{21\text{э}}$. Найти приращение коллекторного тока и соответствующее ему приращение базового тока при пересечении прямой $U_{кэ} = U_{кэп}$ соседних от рабочей точки C выходных характеристик (точки D, E рис 2):

$$h_{21\text{э}} = \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta I_{\delta}}.$$

Определить входное сопротивление каскада:

$$R_{\text{вх}} = \frac{h_{11\text{э}} R_{\text{д}}}{h_{21\text{э}} + R_{\text{д}}}$$

Найти выходное сопротивление каскада:

$$R_{\text{вых}} \approx R_k.$$

Построить на выходных характеристиках транзистора нагрузочную прямую по переменному току, которая проходит через рабочую точку C и имеет наклон (рис. 3):

$$\frac{\Delta I_r}{\Delta U_{кэ}} = \frac{1}{R_n}.$$

Нанести на выходные характеристики транзистора амплитуды коллекторного тока $I_{км}$ и напряжения $U_{нм}$ (рис. 3), определить амплитуду базового тока $I_{бм} = \frac{\Delta I_{б}}{2}$. На входных характеристиках (рис. 2) показать

амплитуды базового тока и входного напряжения транзистора $U_{вхТ} = \frac{\Delta U_{бэ}}{2}$.

Определить коэффициенты усиления каскада по току, напряжению и мощности K_I, K_U, K_P :

$$K_I \approx h_{21Э} \frac{R'}{R_n};$$

$$K_u = K_I \frac{R_H}{R_G + R_{ex}}$$

$$K_P = K_U \cdot K_I.$$

Рассчитать амплитуду напряжения источника сигнала:

$$U_{Gm} = \frac{U_{нм}}{K_u}.$$

Частотные искажения в области нижних частот вносятся разделительными конденсаторами C_{p1} , C_{p2} и $C_э$. Рекомендуется частотные искажения в области нижних частот равномерно распределить между конденсаторами C_{p1} , C_{p2} и $C_э$.

Рассчитать емкость конденсатора C_{p1} :

$$C_{p1} \geq \frac{1}{2\pi F_H (R_G + R_{вх}) \sqrt{M_{нс}^2 - 1}};$$

выбрать номинал емкости конденсатора C_{p1} из справочника.

Определить емкость конденсатора C_{p2} и выбрать ее номинал.

$$C_{p2} \geq \frac{1}{2\pi F_H (R_{вых} + R_H) \sqrt{M_{нс}^2 - 1}};$$

Рассчитать емкость конденсатора C_3 и выбрать ее номинал:

$$C_3 \geq \frac{1}{2\pi F_H R' \sqrt{M_{нс}^2 - 1}}.$$

2.2. Пример расчета транзисторного усилителя

Исходные данные:

$$R_H = 270 \text{ Ом}$$

$$U_{нм} = 2 \text{ В}$$

$$R_G = 550 \text{ Ом}$$

$$F_H = 20 \text{ Гц}$$

$$M_H = M_0 = 1,41$$

Рассчитаем сопротивление резистора коллекторной цепи транзистора:

$$R_H (1 + K_R) \cdot R_H = (1 + 1,2) 270 = 594 \text{ Ом},$$

Выберем номинал резистора $R_K 620 \text{ Ом}$.

Определим эквивалентное сопротивление нагрузки каскада

$$R'_H = \frac{R_K R_H}{R_K + R_H} = \frac{270 \cdot 620}{270 + 620} = 188 \text{ Ом}.$$

Найдем амплитуду коллекторного тока:

$$I_{км} = \frac{U_{нм}}{R'_H} = \frac{2}{188} = 10,6 \cdot 10^{-3} \text{ А}.$$

Рассчитаем ток покоя транзистора:

$$I_{кп} = \frac{U_{км}}{k_3} = \frac{10,6 \cdot 10^{-3}}{0,7} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ А}.$$

Находим мощность рассеивания резистора R_K :

$$P_{R_K} \geq I_{кн}^2 \cdot R_K = 15^2 \cdot 10^{-6} \cdot 620 = 0,139 \text{ Вт}.$$

Выбираем $P_{R_K} = 0,25 \text{ Вт}$.

Определим минимальное напряжение коллектор-эмиттер рабочей точке транзистора:

$$U_{кэп \min} = U_{нм} + U_0 = 2 + 1 = 3 \text{ В},$$

т.к. $U_{кэп \min}$ меньше типового значения $U_{кэп} = 5 \text{ В}$, принимаем $U_{кэп} = 5 \text{ В}$.

Рассчитаем напряжение источника питания

$$U_n = \frac{U_{кэп} + I_{кн} \cdot R_K}{0,7 \div 0,9} = \frac{5 + 15 \cdot 10^{-3} \cdot 620}{0,7} = 20,4 \text{ В},$$

Выбираем напряжения $U_n = 20 \text{ В}$.

Определим сопротивления резистора: R_3

$$R_3 = (0,1 \div 0,3) \frac{U_n}{I_{кп}} = 0,3 \frac{20}{15 \cdot 10^{-3}} = 399 \text{ Ом}.$$

Номинал резистора $R_3 = 390 \text{ Ом}$.

Найдем мощность рассеивания резистора R_3 :

$$P_{R_3} \geq I_{кн}^2 \cdot R_3 = 15^2 \cdot 10^{-6} \cdot 390 = 0,088 \text{ Вт}.$$

Выбираем $P_{R_3} = 0,125 \text{ Вт}$

Выбираем транзистор КТ315Г:

$$U_{кэдот} = 25 \text{ В} \geq U_n = 20 \text{ В};$$

$$I_{к \text{ доп}} = 100 \text{ мА} > I_{кн} = 15 \text{ мА}.$$

$$P_{к \text{ max}} = 125 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

Вычертим входные и выходные характеристики транзистора КТ315Г.

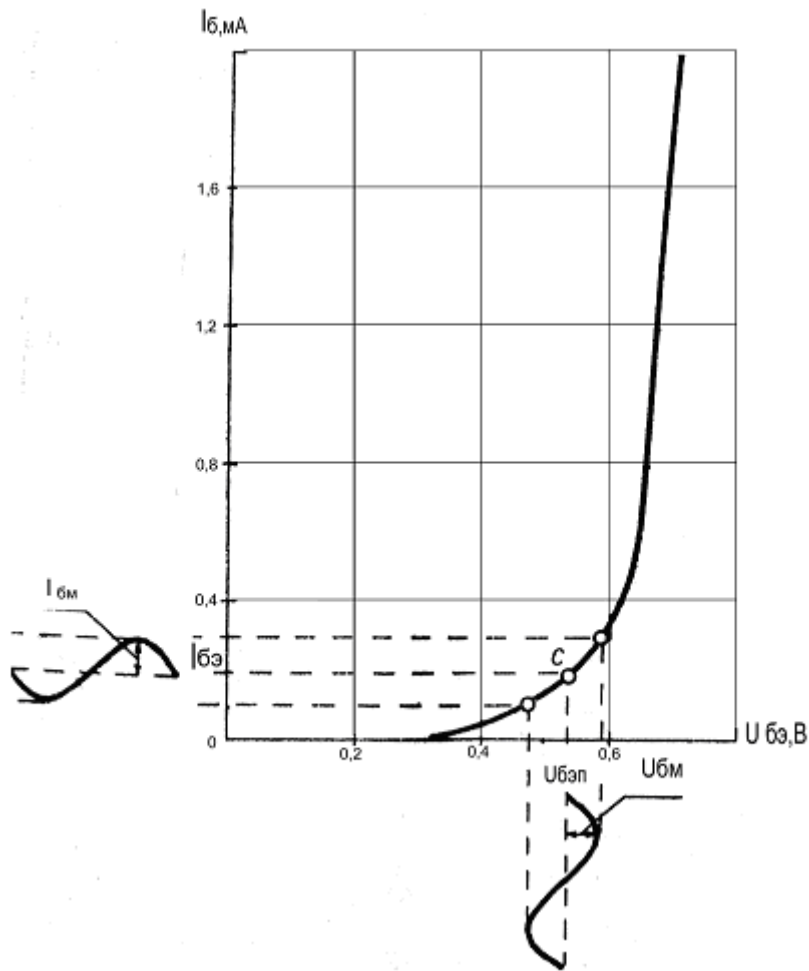


Рисунок 4 - Входная характеристика транзистора КТ315Г

На выходных характеристиках транзистора КТ315Г построим нагрузочную прямую постоянного тока по точкам А, В.

$$\text{Точка А } U_{кэ} = 0, I_{к} = \frac{U_n}{R_k + R_э} = \frac{20}{620 + 390} = 19,8 \cdot 10^{-3} \text{ А},$$

$$\text{Точка В } U_{кэ} = U_n, I_{к} = 0.$$

Нанесем на нагрузочную прямую рабочую точку с координатой $I_{к} = I_{кп} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ А}$, уточним напряжение $U_{кэ}$ в рабочей точке.

$$U_{кэп} = 5\text{В}.$$

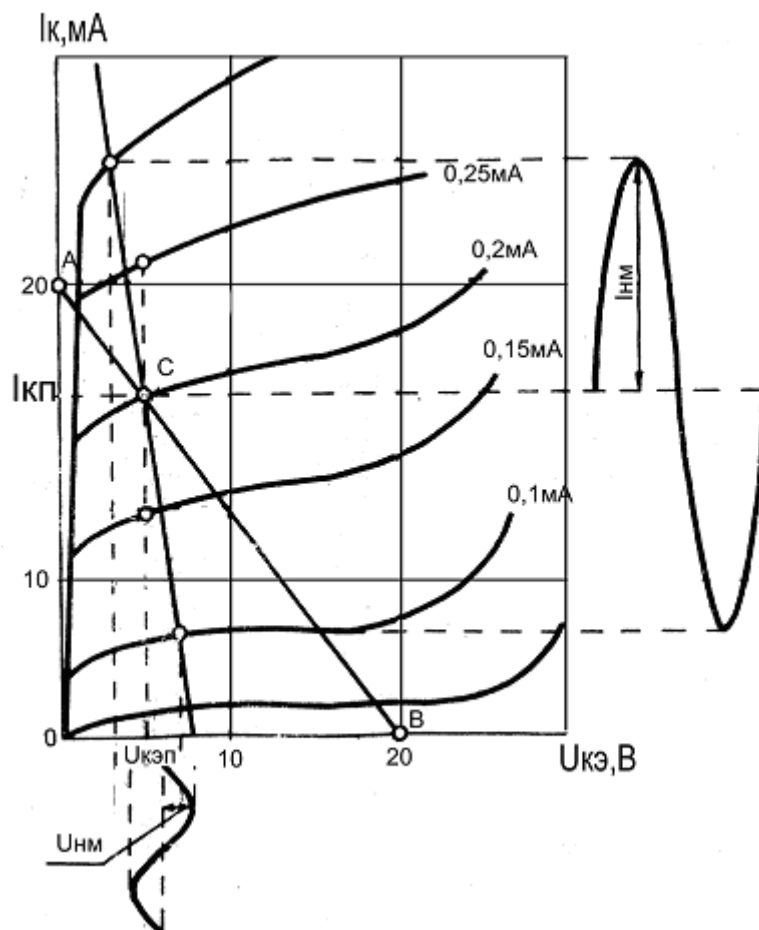


Рисунок 5 - Выходная характеристика транзистора КТ315Г

Рассчитаем мощность в точке покоя транзистора.

$$P_{кп} = I_{кп} U_{кэп} = 15 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 75 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} .$$

Определим наибольшую мощность рассеивания транзистора при максимальной рабочей температуре:

$$P_{к \text{ max}} = P_{к \text{ доп}} \frac{T_{n \text{ max}} - T_m}{T_{n \text{ max}} - T_0} = 150 \cdot 10^{-3} \frac{120 - 40}{120 - 25} = 125 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} ,$$

$P_{кп} < P_{к \text{ max}}$, следовательно, транзистор КТ315Г выбран правильно.

Находим координаты рабочей точки С на входной характеристике транзистора

$$I_{бн} = 0,2 \text{ мА}, \quad U_{бэн} = 0,53 \text{ В}.$$

Определим ток базового делителя $R_{б1}, R_{б2}$:

$$I_d = (5 \div 10) I_{бн} = I_d = (5-10) I_{бн} = 5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Рассчитаем сопротивления резисторов базового делителя $R_{б1}, R_{б2}$:

$$R_{\sigma 2} = \frac{U_{\sigma 2n} + I_{kn} R_{\sigma 2}}{I_d} = \frac{0,53 + 15 \cdot 10^{-3} \cdot 390}{1 \cdot 10^{-3}} = 6,38 \cdot 10^3 \text{ Ом};$$

номинал резистора $R_{\sigma 2} - 6,2 \text{ кОм};$

$$R_{\sigma 1} = \left(\frac{U_n}{U_{\sigma 2n} + I_{kn} R_{\sigma 2}} - 1 \right) \cdot R_{\sigma 2} = \left(\frac{20}{0,53 + 15 \cdot 10^{-3} \cdot 390} - 1 \right) 6,2 \cdot 10^3 = 13,23 \cdot 10^3 \text{ Ом},$$

номинал резистора $R_{\sigma 1} - 13 \text{ кОм}.$

Определим мощность рассеивания резисторов базового делителя:

$$P_{R_{\sigma 1}} \geq I_d^2 \cdot R_{\sigma 1} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 13 \cdot 10^3 = 0,013 \text{ Вт};$$

$$P_{R_{\sigma 2}} \geq I_d^2 \cdot R_{\sigma 2} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 6,2 \cdot 10^3 = 0,006 \text{ Вт}.$$

Выбираем мощность рассеивания резисторов базового делителя $0,125 \text{ Вт}.$

Найдем эквивалентное сопротивление базового делителя.

$$R_d = \frac{R_{\sigma 1} R_{\sigma 2}}{R_{\sigma 1} + R_{\sigma 2}} = \frac{13 \cdot 10^3 \cdot 6,2 \cdot 10^3}{13 \cdot 10^3 + 6,2 \cdot 10^3} = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Ом}.$$

По выходным характеристикам транзистора определим коэффициент передачи тока транзистора $h_{21\sigma}$ в рабочей точке транзистора:

$$h_{21\sigma} = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_b} = \frac{10,6 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 106.$$

По входным характеристикам транзистора найдем входное сопротивление транзистора $h_{11\sigma}$ в рабочей точке:

$$h_{11\sigma} = \frac{\Delta U_{\sigma 2}}{\Delta I_b} = \frac{0,125}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 625 \text{ Ом}.$$

Найдем входное сопротивление каскада:

$$R_{\text{вх}} = \frac{h_{11\sigma} R_d}{h_{11\sigma} + R_d} = \frac{625 \cdot 4,2 \cdot 10^3}{625 + 4,2 \cdot 10^3} = 540 \text{ Ом}$$

Рассчитаем выходное сопротивление каскада:

$$R_{\text{вых}} \approx R_k = 620 \text{ Ом}.$$

Построим на выходных характеристиках транзистора нагрузочную прямую по переменному току, проходящую через рабочую точку C и имеющую наклон:

$$\frac{\Delta I_r}{\Delta U_{кэ}} = \frac{1}{R_n} = \frac{1}{188} = 5,32 \cdot 10^{-3} \frac{A}{B}.$$

Находим амплитуду тока базы по выходным характеристикам:

$$I_{бm} = \frac{\Delta I_{б}}{2} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,1 \cdot 10^{-3} A$$

Определим по входным характеристикам амплитуду входного напряжения транзистора:

$$U_{вхT} = U_{бm} = \frac{\Delta U_{бэ}}{2} = \frac{0,125}{2} = 62,5 \cdot 10^{-3} B.$$

Определим коэффициенты усиления каскада по току:

$$K_I \approx h_{21э} \frac{R'}{R_n} = 106 \frac{188}{270} = 73,8$$

Найдем коэффициент усиления каскада по напряжению:

$$K_u = K_I \frac{R_H}{R_G + R_{вх}} = 73,8 \frac{270}{550 + 540} = 18,2$$

Рассчитаем коэффициент усиления по мощности:

$$K_P = K_U \cdot K_I = 18,2 \cdot 73,8 = 1349$$

Определим амплитуду напряжения источника сигнала.

$$U_{Gm} = \frac{U_{nm}}{K_u} = \frac{2}{18,2} = 0,11 B$$

Распределим частотные искажения в области нижних частот, вносимые конденсаторами схемы, равномерно между ними:

$$M_{нс} = \sqrt[3]{M_n} = \sqrt[3]{1,41} = 1,12.$$

Рассчитаем емкость разделительного конденсатора:

$$C_{p1} \geq \frac{1}{2\pi F_n (R_G + R_{вх}) \sqrt{M_{нс}^2 - 1}} = \frac{1}{6,28 \cdot 20(550 + 540) \sqrt{1,12^2 - 1}} = 1,45 \cdot 10^{-5} \Phi;$$

выбираем номинал электролитического конденсатора C_{p1} 20 мкФ.

Определим емкость разделительного конденсатора C_{p2} :

$$C_{p2} \geq \frac{1}{2\pi F_n (R_{вых} + R_n) \sqrt{M_{нс}^2 - 1}} = \frac{1}{6,28 \cdot 20(620 + 270) \sqrt{1,12^2 - 1}} = 1,77 \cdot 10^{-5} \Phi;$$

выбираем номинал электролитического конденсатора C_{p2} 20 мкФ.

Найдем емкость конденсатора C_3 :

$$C_3 \geq \frac{1}{2\pi F_n R' \sqrt{M_{nc}^2 - 1}} = \frac{1}{6,28 \cdot 20 \cdot 188 \sqrt{1,12^2 - 1}} = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}.$$

Выбираем емкость электролитического конденсатора C_3 100 мкФ.

Приложение А

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Цикловая комиссия
Радиотехнических дисциплин

ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

студента(ки) 3 курса 7301 группы

специальности 11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт
радиоэлектронной техники (по отраслям)

Колледжа радиоэлектроники имени П.Н. Яблочкова

Иванова Ивана Ивановича

Руководитель,
преподаватель

Т.А.Саушева

Председатель
цикловой комиссии,
преподаватель

С.В.Гришина

Саратов 2021

Приложение Б

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Цикловая комиссия
Радиотехнических дисциплин

ЗАДАНИЕ на курсовой проект

по специальности 11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт
радиоэлектронной техники (по отраслям)

по дисциплине МДК.02.02 Методы настройки и регулировки устройств и блоков
радиоэлектронных приборов

Студента (ки) 3 курса Колледжа радиотехники имени П.Н. Яблочкова

Иванова Ивана Ивановича

Тема проекта «ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СИГНАЛОВ»

Руководитель,
преподаватель

Т.А.Саушева

Председатель
цикловой комиссии,
преподаватель

С.В.Гришина

Саратов 2021

Содержание работы

ВВЕДЕНИЕ

1 Анализ работы усилителя

1.1 Цели и задачи курсового проекта

1.2 Назначение и структурная схема блока

1.3 Принцип работы блока

1.4 Методы регулировки блока

2 Расчет усилителя

2.1 Разработка технической карты тестирования усилителя

2.2 Проверка работоспособности радиоэлектронной аппаратуры с помощью контрольно-измерительные приборы

2.3 Расчёт параметров элементов

3 Организация производства

3.1 Организация рабочего места регулировщика радиоэлектронной аппаратуры

3.2 Контрольно-измерительные приборы

3.3 Используемые инструменты и материалы

3.4 Мероприятия по охране труда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ А Схема электрическая принципиальная (А4)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Перечень элементов (А4)

Срок представления работы: 15.06.2021

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой комиссии Радиотехнических дисциплин

Протокол № 6 от 10.02.2021

Секретарь комиссии

Т.Л.Федотова

Дата выдачи задания

15.04.2021

Задание получил

И.И.Иванов

Приложение В СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Анализ работы усилителя	5
1.1 Цели и задачи курсового проекта	5
1.2 Назначение и структурная схема стабилизированного блока питания	5
1.3 Принцип работы блока	17
1.4 Методы регулировки блока	18
2 Расчет усилителя	19
2.1 Разработка технологической карты тестирования блока	19
2.2 Проверка работоспособности радиоэлектронной аппаратуры с помощью контрольно- измерительных приборов	24
2.3 Расчёт параметров элементов	27
3 Организация производства	41
3.1 Организация рабочего места регулировщика радиоэлектронной аппаратуры	41
3.2 Контрольно-измерительные приборы	42
3.3 Используемые инструменты и материалы	42
3.4 Мероприятия по охране труда	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	47
ПРИЛОЖЕНИЕ А Схема электрическая принципиальная (А4)	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Перечень элементов (А4)	

Приложение Г

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Книги и учебные пособия

- 1 Гершунский, Б. С. Справочник по расчёту электронных схем / Б. С. Гершунский. – Киев : Изд-во «Вица школа», 2017. – 300 с.
- 2 Гершунский, Б. С. Расчет основных электронных и полупроводниковых схем в примерах / Б. С. Гершунский. – Киев : Изд-во Киевского университета, 2016. – 350 с.
- 3 Журавлева, Л. И. Основы радиоэлектроники :учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л. И. Журавлева. – 6-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2019. – 240 с.
- 4 Журавлева, Л. И. Электрорадиоизмерения :учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л. И. Журавлева. – М. : Издательский центр «Академия», 2019. – 192 с.
- 5 Каганов, В. И. Прикладная электроника : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. И. Каганов. – М. : Издательский центр «Академия», 2015. – 240с.
- 6 Парфенов, Е. М. Проектирование и конструкция радиоэлектронной аппаратуры / Е. М. Парфенов, Э. Н. Камышная, В. П. Усачов. – М. : Изд-во «Радио и связь», 2016. – 270 с.
- 7 Петров, В. П. Регулировка, диагностика и мониторинг работоспособности смонтированных узлов, блоков и приборов радиоэлектронной аппаратуры, аппаратуры проводной связи, элементов узлов импульсной и вычислительной техники: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. П. Петров. – 3-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2019. – 256с.
- 8 Хрусталева, З. А. Электротехнические измерения: учебник / З. А. Хрусталева. – М.: КНОРУС , 2018. – 200с.
- 9 Четверкова, И. И. Справочник по резисторам / И. И. Четверкова, В. М. Трехова. – М. : Изд-во «Радио и связь», 2017. – 528 с.

Электронные ресурсы

- 1 Инфопедия [Электронный ресурс] . – URL: <https://infopedia.su/1x682b.html>(дата обращения: 20.05.2020). – Загл. с экрана. - Яз. рус.
- 2 Мероприятия по охране труда на предприятии [Электронный ресурс] : [сайт]. – URL: <http://glavkniga.ru/situations/s504068> (дата обращения: 25.05.2020).
- 3 Сайт паяльник. Все для радиолюбителя – схемы, форум, программы, сервис [Электронный ресурс] : [сайт]. – URL: <https://chem.net> (дата обращения 11.04.2020). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
- 4 Справочник по радиокомпонентам (ООО Радио-комплект). [Электронный ресурс] : [сайт]. – URL: <http://www.radio-komplekt.ru/handbook.php> (дата обращения 25.04.2020). – Загл. с экрана. - Яз. рус.
- 5 Технические характеристики транзисторов [Электронный ресурс] : [сайт]. – URL: <https://eandc.ru> (дата обращения: 15.05.2020).

Приложение Д

	<i>Резисторы</i>		
	<i>ОЖО.467.103 ТУ</i>		
<i>R1</i>	<i>C2 - 31A - 1,0 – 1,5 кОм ± 10%</i>	<i>1</i>	<i>Под.1,0 кОм; 1,8кОм</i>
<i>R3</i>	<i>C2 - 31A - 1,0 – 6,8 кОм ± 10%</i>	<i>1</i>	
<i>R2</i>	<i>Резистор СП4 -1В – 0,25 – 1,8 кОм ± 20% - А</i>		
	<i>ОЖО.468.045 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>C1</i>	<i>К50–35–100В–470 мкФ±30% ОЖО.260.243 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>DA1</i>	<i>Микросхема КР14ЕН9В</i>	<i>1</i>	
<i>DI,VD2,</i>			
<i>VD3,VD4</i>	<i>Диод КД202Д</i>	<i>2</i>	
<i>VD4</i>	<i>BZX55C30</i>	<i>1</i>	
<i>TV1</i>	<i>Трансформатор</i>	<i>1</i>	

Приложение Е

Технология тестирования усилителя на работоспособность.

Уст-во, блок	Параметры	Конт. измер. аппаратура	Инструменты	Последовательность тестирования	Контрольные мероприятия
Усилитель	Напряжение на выходе усилителя	Универсальный измерительный прибор МУ -64, генератор		Подключить прибор к точкам Измерить напряжение сигнала. U _{вых} = ...	Если на выходе нет напряжения, то проверяем.....
Усилитель	Напряжение на входе