МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВОСТОЧНОУКРАИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

им. ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

#### (г.Северодонецк)

ФАКУЛЬТЕТ КОМПЬЮТЕРНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

# КАФЕДРА ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ НА ТЕМУ :

«Разработка схемы усилителя низкой частоты на дискретних элементах»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Студент группы \_РЭА -27з Суптелина Марина Владимировна\_ (\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

Руководитель проекта Зотов Алексей Васильевич\_\_\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

### КОНСУЛЬТАНТЫ

Зотов Алексей Васильевич\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

Заведующий кафедрой ЭА \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ( М.И. ХИЛЬ)

### Северодонецк

2009г

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВОСТОЧНОУКРАИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

им. ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

#### (г.Северодонецк)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(наименование вуза)

Факультет: КОМПЬЮТЕРНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ Кафедра: ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ

Специальность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой электронных аппаратов

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Хиль М.И.\_

«\_\_\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_200 \_\_\_\_ г.

##### З А Д А Н И Е

# НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ( РАБОТУ ) СТУДЕНТА

Суптелина Марина Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема проекта (работы) «Разработать схему усилителя низкой частоты на дискретных элементах»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

утверждена приказом по институту от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 200 \_\_\_г. № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченного проекта (работы) \_\_\_\_\_\_\_\_20.05.2009\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Исходные данные к проекту (работе): Uвх = 25мВ, Rвх> 2000 Ом, Rн = 800 Ом, fн = 20 Гц, fв = 16 кГц, Кu > 130, Мн = 1,1\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4. Содержание расчетно-пояснительной записки ( перечень подлежащих разработке вопросов )

Введение.

1. Анализ существующих схемных решений.

2. Расчёт схемы электрической принципиальной усилителя низкой частоты.

3. Выбор элементной базы.

4. Заключение.

5. Перечень графического материала ( с точным указанием обязательных чертежей )

1. Схема электрическая принципиальная ЭП.

1. Ведомость комплектующих ВК.

6. Консультанты по проекту ( работе ), с указанием относящихся к ним разделов проекта

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Раздел | Консультант | Подпись, дата | |
| Задание выдал | Задание принял |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Зотов А.В.

(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Суптелина М.В.

(подпись)

## **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование этапов дипломного проекта (работы) | Срок выполнения этапов проекта (работы) | Примечание |
| 1 | Подбор литературы по теме проекта | 1 неделя |  |
| 2 | Изучение литературных источников | 2 неделя |  |
| 3 | Написание введения | 3 неделя |  |
| 4 | Написание раздела “Анализ схемных решений” | 4 неделя |  |
| 5 | Выполнение расчётов УНЧ | 5 неделя |  |
| 6 | Выбор элементной базы | 6 неделя |  |
| 7 | Выполнение графической части | 7 неделя |  |
| 8 | Оформление курсового проекта | 8 неделя |  |

## Студент Суптелина М.В. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)

## Руководитель проекта Зотов А.В. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)

**ВВЕДЕНИЕ**

Усилители электрических сигналов – это электронные устройства, предназначенные для усиления или повышения мощности входных сигналов за счет энергии источника питания. По характеру изменения сигнала во времени усилители бывают постоянного и переменного тока. Усилители постоянного тока усиливают сигналы в полосе частот, начиная с нулевой частоты. Усилители переменного тока подразделяются на усилители низкой и высокой частоты.

Усилители низкой частоты (УНЧ) предназначены для усиления непрерывных периодических сигналов, частотный спектр которых лежит в пределах от десятков герц до десятков килогерц. Современные УНЧ выполняются преимущественно на биполярных и полевых транзисторах в дискретном или интегральном исполнении.

Назначение УНЧ в конечном итоге состоит в получении на заданном сопротивлении оконечного нагрузочного устройства требуемой мощности усиливаемого сигнала.

В качестве источника входного сигнала УНЧ могут использоваться различные устройства, такие как микрофон, звукосниматель, фотоэлемент, термопара, детектор и т.д. Типы нагрузок также весьма разнообразны. Ими могут быть громкоговоритель, измерительный прибор, записывающая головка и т.д.

Характерной особенностью современных электронных усилителей является большое разнообразие схематических решений, благодаря которым они могут быть реализованы в современной технике. Среди этого многообразия можно выделить наиболее типичные схемы, которые содержат цепи и элементы, чаще всего встречающиеся в усилительных устройствах независимо от их функционального назначения.

Основным количественным параметром усилителя является коэффициент усиления. В зависимости от функционального назначения усилителя различают коэффициенты усиления по напряжению КU, по току KI или мощности KP.

Коэффициенты усиления часто выражаются в логарифмических единицах – децибелах.

Усилитель может состоять из одного или нескольких каскадов. Для многокаскадных усилителей его коэффициент усиления равен произведению коэффициентов усиления отдельных его каскадов: К = К1 · К2·…. ·Кп.

Транзистор можно включить в усилительный каскад тремя способами: по схеме с общей базой, по схеме с общим эмиттером и по схеме с общим коллектором.

Усилительный каскад, собранный по схеме с общей базой (ОБ), обладает малым входным сопротивлением и большим выходным сопротивлением. Низкое входное сопротивление каскада с ОБ, является его существенным недостатком. Между такими каскадами следует включать специальные согласующие устройства, что ограничивает применение данной схемы в усилительных устройствах.

Особенностью схемы с общим эмиттером является то, что входным током в ней выступает малый по величине ток базы. Поэтому входное сопротивление каскада с общим эмиттером выше, чем входное сопротивление каскада с ОБ. Выходное сопротивление в схеме с общим эмиттером также достаточно велико. Это позволяет в многокаскадном усилителе обойтись без специальных согласующих устройств между каскадами. Поэтому схема с общим эмиттером является наиболее распространенной.

Входное сопротивление схемы с общим коллектором очень велико, а выходное, наоборот, мало и составляет лишь десятки или сотни Ом. Поэтому каскад с общим коллектором не дает усиления сигнала по напряжению и имеет сравнительно небольшой коэффициент усиления по мощности. Каскад с общим коллектором применяется в основном для согласования сопротивлений между отдельными каскадами усилителя.

Выходные каскады усилителей строятся по однотактной или двухтактной схемам, существенно отличающимися друг от друга. Двухтактный каскад отдает вдвое большую мощность, чем однотактный, имеет трансформатор без постоянного подмагничивания и допускает в несколько раз большую пульсацию источника питания. Кроме того, двухтактный каскад характеризуется более высоким КПД.

Трансформаторные выходные каскады применяются, если сопротивление нагрузки усилителя значительно отличается от наиболее выгодного сопротивления нагрузки выходного каскада. В этом случае достигается максимальный КПД при допустимых линейных искажениях.

В тех случаях, когда заданный коэффициент усиления или другие параметры невозможно получить на одном каскаде применяется многокаскадные схемы. Число каскадов усилителя выбирается в зависимости от величины входного сигнала, выходного и необходимого коэффициента усиления.

На основе проведенного анализа выбираем трехкаскадный усилитель. Первый каскад – эмиттерный повторитель, второй , третий – однокаскадный усилитель на биполярном транзисторе с общим эмиттером, что позволяет достичь необходимого коэффициента усиления, используя при этом возможное наименьшее количество радиоэлементов, что снизит стоимость изделия и уменьшит вероятность выхода его из строя.

В настоящем курсовом проекте будет разработана схема усилителя низкой частоты на дискретных элементах.

1. **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ**

В данном курсовом проекте необходимо разработать усилитель низкой частоты.

Усилители переменного напряжения по виду исполнения бывают: апериодические и резонансные.

У апериодических усилителей в качестве нагрузки коллектора применяется сопротивление. В них отсутствуют резонансные цепи.

В резонансных усилителях на входе и в нагрузке используется параллельные, реже последовательные LC-контура.

Резонансные усилители по ширине полосы пропускания частот делятся на резонансные, полосовые, широкополосные.

Однокаскадный усилитель на биполярном транзисторе с общим эмиттером относится к апериодическим усилителям (рис.1).



Рисунок 1. Однокаскадный усилитель на транзисторе с общим эмиттером.

Rд1 Rk + Ek

Cp2

VT Uвых

Rвх Ср1

R4

Uвх Rэ Сэ

В нем применяется метод подачи смещения на усилительный транзистор с помощью постоянного напряжения базы. Этот метод обладает как достоинствами, так и недостатками. Он предусматривает применение на входе усилительного каскада делителя напряжения. Делитель состоит из двух сопротивлений Rд1 и R4 (рис.1). Этот метод подачи смещения обеспечивает высокую стабильность положения рабочей точки и соответственно стабильный коэффициент усиления. Однако наличие сопротивления R4 приводит к значительному снижению входного сопротивления, поэтому эти каскады с таким смещением редко используются на входе усилителя, так как стабильность рабочей точки во входных каскадах не имеет существенного значения из-за малого входного сигнала, а требуется большое входное сопротивление, что этот каскад обеспечить не может.

Для входных каскадов применяется второй способ подачи смещения на базу постоянным током базы (рис.2).

Достоинством этого метода является более высокое входное сопротивление, меньшее количество используемых деталей. Недостатками является меньшая стабильность положения рабочей точки, но для каскадов с малым входным напряжением это не принципиально.

При изменении температуры окружающей среды положение рабочей точки транзистора изменяется, что приводит к его запиранию. Для ликвидации этого паразитного явления используются схемы стабилизации положения рабочей точки:

* эмиттерная стабилизация;
* коллекторная стабилизация.

Эмиттерная стабилизация заключается в установке в эмиттерной цепи транзистора сопротивления Rэ и емкости Сэ .



Рисунок 2. Подача смещения постоянным током базы

+ Ek

Rб Rk

Cp2

Cp1

VT

Rвх

Uвх

Rэ Сэ

Коллекторная стабилизация выполняется по следующей схеме:



Рисунок 3. Коллекторная стабилизация

+ Ek

Rб1 Rб2 Rk Ср2

Ср1  Uвых

Uвх VT

Cб

Коллекторная стабилизация проще, чем эмиттерная, однако имеет меньший диапазон стабилизации тока, поэтому применяется реже.

Схема усилителя с общим коллектором (эмиттерный повторитель) (рис.4) часто применяется в качестве входного каскада усилителей. У этой схемы коллектор через очень малое внутреннее сопротивление источника питания практически присоединен к корпусу, т.е на “землю”. Напряжение на базе Uбо=Uвх-Uвых следовательно у этого каскада имеется глубокая ООС, поэтому коэффициент усиления по току очень большой. Фаза выходного напряжения строго совпадает с фазой входного напряжения.

К достоинствам этой схемы можно отнести:

- высокий коэффициент усиления по току;

- высокое входное сопротивление (из-за влияния глубокой обратной связи);

- низкое выходное сопротивление;



Рисунок 4. Эмиттерный повторитель

+ Ек

Rб

Ср1

VT

Cр2

Uвх

Rэ Uвых

В тех случаях, когда заданный коэффициент усиления или другие параметры невозможно получить на одном каскаде применяется многокаскадные схемы. Число каскадов усилителя выбирается в зависимости от величины входного сигнала, выходного и необходимого коэффициента усиления.

Общий коэффициент усиления распределяется по каскадам по следующей формуле Kuj = К1 · К2 ·…· Кn, где n – число каскадов, Кn – примерный коэффициент одного каскада.

Распределение коэффициентов усиления по каскадам представляет собой итерационную процедуру.

На основе проведенного анализа выбираем трехкаскадный апериодический усилитель рис.5.

Первый каскад этого усилителя выполнен по схеме эмиттерного повторителя, второй и третий - однокаскадный усилитель на биполярном транзисторе с общим эмиттером и эмиттерной стабилизацией, что позволяет достичь необходимого коэффициента усиления, необходимой стабилизации рабочей точки транзистора, используя при этом возможное наименьшее количество радиоэлементов, что снизит стоимость изделия и уменьшит вероятность выхода его из строя.



Рисунок 5. Трехкаскадный апериодический усилитель

+ Eк

R1 R3 R6 R7 R10

С6

С1 VT1 C2 VT2 C4 VT3 Rн

Uвых

Uвх

R2 R4 R5 C3 R8 R9 C5

**2. РАСЧЕТ СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЯ НИЗКИХ ЧАСТОТ**

Необходимо разработать усилитель низкой частоты со следующими параметрами:

* напряжение входного сигнала Uвх = 25 мВ;
* входное сопротивление усилителя Rвх > 2000 Ом;
* коэффициент усиления по напряжению КU>130;
* сопротивление нагрузки усилителя Rн = 800 Ом;
* нижняя частота полосы пропускания fH = 20 Гц;
* верхняя частота полосы пропускания fB = 16 кГц;
* коэффициент нелинейных искажений Мн = 1,1

Предварительный расчет

Рассчитаем мощность сигнала на входе усилителя:

Рвх = U2вх/ 4 Rг , (2.1)

где Uвх – действующее значение напряжения источника сигнала

Rг – внутреннее сопротивление источника сигнала

Рвх = (25·10-3)2 /4·800 = 0,000000195 Вт

Рассчитаем мощность сигнала на выходе усилителя:

Рвых = U2вых .m / 2 Rн , (2.2)

Выходное напряжение можно рассчитать по формуле:

Uвых.m = Uвх √2·KU (2.3)

Uвых.m = √2· 25·10-3·130 = 4,59 В

Подставим в формулу 2.2 найдем мощность на выходе

Рвых = 4,592/ 2·800 = 0,013 Вт = 13 мВт.

Коэффициент усиления по мощности рассчитаем по формуле:

КР общ = Рвых / Рвх (2.4)

КР общ = 0,013 /0,000000195 = 66666,6

КР общ дБ = 10lg КР общ (2.5)

КР общ дБ = 10lg66666,6 = 48,24 дБ

Определяем ориентировочно число каскадов и составляем структурную схему усилителя:

m = КР общ дБ / 20 (2.6)

m = 48,24 /20 = 2,4

полученное значение округляем до ближайшего целого числа в сторону увеличения, и принимаем количество каскадов равное 3.

Предварительно выбираем схему выходного каскада, тип усилительных приборов и ориентировочную величину коэффициента усиления.

Рассчитаем выходное напряжение усилителя:

Uвых = Uвх ·KU (2.7)

Uвых = 130 ·25·10-3 = 3,25 В

Рассчитаем напряжение коллекторного питания усилителя:

Ек = Uбэр + 2·Uвых+0,1 Ек (2.8)

Ек = (0,45+2·3,25) / 0,9 = 7,72 В

Принимаем стандартное ближайшее напряжение – 9 В

Так, как 3 каскада то распределяем общий коэффициент усиления по каскадам:

КU = KU1·KU2·KU3 = 1·20·6,5 = 130 (2.9)

Принимаем KU1<1, KU2 ≥ 20, KU3 ≥ 6,5.

* 1. **Расчет выходного каскада**

В качестве выходного каскада выбираем каскад с общим эмиттером и смещением постоянным напряжением базы. Схема каскада представлена на рис. 6

+Ek

R7 R10 C 6

C4

VT3

R8 R9 C5 Uвых

Рисунок 6 Выходной каскад усилителя

Используем в этом усилителе транзистор КТ315 А, так как его характеристики (таблица 2.1) удовлетворяют предъявленным требованиям.

Таблица 2.1 Параметры биполярного транзистора КТ 315 А.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ik max, mA | Uкэmax, B | Ukб, B | U эб, B | P max, mBт | h 21э | Uk, B | Ik, mA | Ikб0 , мкА | F гр, МГц | Ск, пФ |
| 100 | 20 | 10 | 5 | 150 | 30..120 | 10 | 1 | 1 | 250 | 7 |

Проведем динамическую характеристику транзистора КТ 315 А на его выходной характеристике

IКР = 5 мА, Iбр = 0,1 мА, Uкэр = 5 В, Uбр = 0,45 В

Ек = 9 В.

* Рассчитаем сопротивление нагрузки коллектора : R10

R10 = (Ек - Uкэр ) / IКР = (9-5) / 5·10-3 = 800 Ом (2.10)

Выберем ближайшее стандартное сопротивление : R10 = 820 Ом

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R10:

Р R10 = R10· IКР2 = 820·(5·10-3)2 = 0,0205 Вт (2.11)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R10 = 0,125 Вт

Выберем тип резистора – МЛТ.

* Рассчитаем сопротивление R9, включенное в цепь эмиттера для температурной стабилизации:

R9 = 0,1 Ек / IКР = 0,1·9 / 5·10-3 = 180 Ом (2.12)

Принимаем R9 = 180 Ом

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R9:

Р R9 = R9· IКР2 = 180·(5·10-3)2 = 0,0045 Вт (2.13)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R9 = 0,125 Вт

* Определим напряжение смещения и ток на базе по графику
* Рассчитаем сопротивление делителя:

R7 = (Ек - Uбэр - U R9)/ (Iд+Iб),

где (2.14)

U R9 = IКР· R9 = 5·10-3·180 = 0,9 В (2.15)

Iд = (2…5) Iб = 5·0,1·10-3 = 0,5 мА (2.16)

Тогда из 2.14 R7 :

R7 = (9-0,45-0,9) / (0,5+0,1)·10-3 = 12750 Ом

Принимаем ближайшее значение R7 = 13000 Ом или 13 кОм

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R7:

Р R7 = R7· Iд2 = 13·103·(0,5·10-3)2 = 0,003 Вт (2.17)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R7 = 0,125 Вт

* Рассчитаем R8:

R8 = (Uбэр + U R9)/ Iд = (0,45+0,9)/0,5·10-3 = 2700 Ом (2.18)

Принимаем ближайшее значение R8 = 2,7 кОм

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R8:

Р R8 = R8· Iд2 = 2,7·103·(0,5·10-3)2 = 0,000675 Вт (2.19)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R8 = 0,125 Вт

* Выражение для расчета емкости контура выводится из следующих предпосылок:

ХСр1≤ Rвх; (2.20)

1/ (ώн·Ср) = Rвх /10 (2.21)

С6 = 10/2πfн Rн√m2H – 1 (2.22)

С6 = 10/2·3,14·20·800·√1,052-1 = 0,00031 Ф = 310 мкФ

Округлим до ближайшего стандартного значения С6= 300 мкФ

* Рассчитаем С5:

С5 = 10/2πfн R9 (2.23)

С5 = 10/2·3,14·20·180 = 0,000442 Ф = 442 мкФ.

Принимаем ближайшее значение С5 = 430 мкФ

* Для каждого конденсатора С5 и С6 найдем напряжение:

UС5 = 1,5..2 Uср (2.24)

Uср = R9·Iкр = 180·5·10-3 = 0,9 В (2.25)

UС5 = 2 Uср = 2·0,9 = 1,8 В

UС6 = 1,5..2 Ек (2.26)

UС6 = 2·9 = 18 В

Принимаем UС5 = 3 В , UС6 = 25 В.

* Найдем входное сопротивление выходного каскада:

Rвх.п = RвхR 7/8 / (Rвх + R 7/8) (2.27)

Rвх = h11э+ R10/Н(1+h21э) (2.28)

R10/Н = RН R10/ (RН+ R10) (2.29)

R10/Н = 404,94 Ом

R 7/8 = 2,2·103 Ом

Rвх = 15053,14 Ом

Rвх.п = 1,9 кОм

* Вычислим значение емкости конденсатора С4:

С4 = 10/1,9·103·2·3,14·20·√1,032-1 = 0,000169 Ф = 169 мкФ

Принимаем С4 = 160 мкФ, напряжение питания такое же как и С6

* Рассчитаем коэффициент усиления этого каскада:

КU3 = h21э minRвых3 / Rвх3 = 30·800/ 1,9·103 = 12,63 (2.30)

* 1. **Расчет предусилительного каскада**

IКР = 5 мА, Iбр = 0,1 мА, Uкэр = 5 В, Uбр = 0,45 В

Ек = 9 В.

* Рассчитаем сопротивление нагрузки коллектора : R6

R6 = (Ек - Uкэр ) / IКР = (9-5) / 5·10-3 = 800 Ом (2.31)

Выберем ближайшее стандартное сопротивление : R6 = 820 Ом

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R6:

Р R6 = R6· IКР2 = 820·(5·10-3)2 = 0,0205 Вт (2.32)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R6 = 0,125 Вт

Выберем тип резистора – МЛТ.

* Рассчитаем сопротивление R5, включенное в цепь эмиттера для температурной стабилизации:

R5 = 0,1 Ек / IКР = 0,1·9 / 5·10-3 = 180 Ом (2.33)

Принимаем R5 = 180 Ом

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R9:

Р R5 = R5· IКР2 = 180·(5·10-3)2 = 0,0045 Вт (2.34)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R5 = 0,125 Вт

* Определим напряжение смещения и ток на базе по графику
* Рассчитаем сопротивление делителя:

R3 = (Ек - Uбэр - U R5)/ (Iд+Iб), где (2.35)

U R5 = IКР· R5 = 5·10-3·180 = 0,9 В (2.36)

Iд = (2…5) Iб = 5·0,1·10-3 = 0,5 мА (2.37)

Тогда из 2.35 R3 :

R3 = (9-0,45-0,9) / (0,5+0,1)·10-3 = 12750 Ом

Принимаем ближайшее значение R3 = 13000 Ом или 13 кОм

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R3:

Р R3 = R3· Iд2 = 13·103·(0,5·10-3)2 = 0,003 Вт (2.38)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R3 = 0,125 Вт

* Рассчитаем R4:

R4 = (Uбэр + U R5)/ Iд = (0,45+0,9)/0,5·10-3 = 2700 Ом (2.39)

Принимаем ближайшее значение R4= 2,7 кОм

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R4:

Р R4 = R4· Iд2 = 2,7·103·(0,5·10-3)2 = 0,000675 Вт (2. 40)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R4 = 0,125 Вт

* Выражение для расчета емкости контура выводится из следующих предпосылок:

ХСр1≤ Rвх; (2.41)

1/ (ώн·Ср) = Rвх /10 (2.42)

С2 = 10/2πfн Rн√m22 – 1 (2.43)

С2 = 10/2·3,14·20·1,9·103·√1,032-1 = 0,000169 Ф = 169 мкФ

Округлим до ближайшего стандартного значения С2= 160мкФ

* Рассчитаем С3:

С3 = 10/2πfн R5 (2.44)

С3 = 10/2·3,14·20·180 = 0,000442 Ф = 442 мкФ.

Принимаем ближайшее значение С3 = 430 мкФ

* Для каждого конденсатора С5 и С6 найдем напряжение:

UС3 = 1,5..2 Uср (2.45)

Uср = R5·Iкр = 180·5·10-3 = 0,9 В (2.46)

UС3 = 2 Uср = 2·0,9 = 1,8 В

UС2 = 1,5..2 Ек (2.47)

UС2 = 2·9 = 18 В

Принимаем UС3 = 3 В , UС2 = 25 В.

* Рассчитаем коэффициент усиления этого каскада:

КU2 = h21э minRвых2 / Rвх2 = 30·1,9·103 / 1,9·103 = 30 (2.48)

* 1. **Расчет входного каскада**

Входной каскад выполним по схеме эмиттерного повторителя, транзистор возьмем такой же.

* Рассчитаем сопротивление R2

R2= (Ек – Uкр )/ Iкр = (9-5) /5·10-3 = 800 Ом (2.50)

Принимаем R2 = 820 Ом

* Рассчитаем рассеиваемую мощность на резисторе R6:

Р R2 = R2· IКР2 = 820·(5·10-3)2 = 0,0205 Вт (2.51)

Округляем найденную мощность до ближайшего стандартного значения Р R2 = 0,125 Вт

* Рассчитаем сопротивление R1:

R1= (Ек- IэRэ – Uбэр )/ Iб = (9-51·103·10-3-0,45) / 0,1·10-3 = 34500 Ом (2.52)

* Rэ = Uкэр/ IКР = 5/5·10-3 = 1·103 (2.53)
* Iэ = IКР+ Iб = 5·10-3+0,1·10-3 = 5,1·10-3
* Принимаем R1= 36 кОм
* Рассчитаем мощность на R1:

Р R1 = R1· Iб2 = 36000·(0,1·10-3)2 = 0,00036 Вт (2.54)

* Входное сопротивление ЭП:

Rвх = h11э+ R2/вх2(1+h21э) (2.55)

R2/вх2 = R2Rвх2/ R2+Rвх2 = 572,79 Ом

h11э = ΔUбэ/Δ Iб (2.56)

h11э = 2500

Rвх =2500+572,79(30+1) = 20256,5 Ом

* Рассчитаем значение емкости С1:

С1 = 10/20256,5·2·3,14·20·√1,022-1 = 0,0000195 Ф = 19,5 мкФ. (2.57)

Принимаем С1 = 20 мкФ

* Рассчитаем коэффициент усиления этого каскада:

КU1 = Rвх-h21э min / Rвх = (20256,5-2500)/20256,5 = 0,87 (2.58)

КU = 0,87·30·12,63 = 328,8

Полный коэффициент усиления значительно превосходит заданный, что удовлетворяет поставленному условию.

**2.4 Выбор типов стандартных комплектующих**

Для разработанного усилителя низкой частоты выбираем следующие типы стандартных комплектующих электрорадиоэлементов.

Сопротивления от R1-R1, выбираем типа МЛТ. Расчетные величины округленны до стандартных значений по шкале Е24. Расчетные величины рассеиваемой на сопротивлениях мощности округленны до стандартных значений.

Конденсаторы от С1 до С6 выбираем типа К53. Разделительные конденсаторы С1, С2, С4, С6 будут не полярные, Конденсаторы С3 , С5 будут полярными. Рабочее напряжение конденсаторов выбрано стандартное с коэффициентом нагрузки не более 0,5

В качестве усилительных элементов взяты биполярные транзисторы кремниевые типа п-р-п КТ315 А.

**Перечень ссылок**

1. В.А.Скаржепа, А.Н.Луценко «Электроника и микросхемотехника» часть 1 , К «Вища школа», 1989 г.
2. В.Г.Гусев, Ю.М.Гусев «Электроника»изд.2, Москва «Высшая школа»,1991 г.
3. Р.М.Терещук «Полупроводниковые приемно-усилительные устройства , справочник радиолюбителя, изд.4 Киев, «Наукова думка»,1989
4. Б.Г.Гершунский, «Основы радиоэлектроники и микроэлектроники», изд.3, К.: «Вища школа»,1987 г.
5. Г.И.Изъюрова, Г.В.Королев «Расчет электронных схем» учеб.пособие для вузов, М.: Высшая школа, 1987 г.