Содержание

Введение

1. Обоснование технических решений

1.1 Назначение и условия эксплуатации

1.2 Предварительный расчет

1.3 Описание существующих конструкций

1.4 Описание схемы электрической принципиальной

2. Расчет элементов схемы электрической принципиальной

2.1 Расчет оконечного каскада

2.2 Расчет предоконечного каскада

2.3 Расчет каскада предварительного усиления

2.4 Выбор элементов схемы

Заключение

Список используемых источников

Приложение А

Введение

В настоящее время в технике повсеместно используются разнообразные усилительные устройства. Куда мы не посмотрим - усилители повсюду окружают нас. В каждом радиоприёмнике, в каждом телевизоре, в компьютере и станке с числовым программным управлением есть усилительные каскады. Эти устройства, воистину, являются грандиозными изобретениями человечества.

В данном курсовом проекте решается задача проектирования усилителя низкой частоты. В задачу входит расчет основных параметров усилителя, а также выбор электронных компонентов схемы, входящих в состав.

Выбор активных и пассивных элементов является важным этапом в обеспечении высокой надежности и устойчивости работы схемы. Оптимизация выбора составных компонентов состоит в том, что при проектировании следует использовать такие элементы, чтобы их параметры обеспечивали максимальную эффективность устройства по заданным характеристикам.

1. Обоснование технических решений

1.1 Назначение и условия эксплуатации

Усилитель низкой частоты стационарного радиоприемника ПК 200108.316.23.10 предназначен для усиления сигналов низкой частоты, поступающих на вход усилителя, до требуемого значения мощности.

Следовательно, усилитель низкой частоты функционально связан с источником низкочастотного сигнала и выходным нагрузочным устройством, которым является динамическая головка.

Усилитель низкой частоты переносной магнитолы является стационарной, переносной аппаратурой, работающей в основном под навесом или в помещениях, и имеет категорию микроклиматического исполнения УХЛ 2 по ГОСТ 15150 – 69.

В соответствии с требованиями ГОСТ 15150 – 69 усилитель низкой частоты должен сохранять свою работоспособность при следующих значениях климатических факторов внешней среды:

- температура окружающего воздуха:

рабочие значения – от +40°C до +1ºC;

предельные значения – от +45ºC до -10ºC;

- относительная влажность воздуха:

среднегодовое значение – 75% при 15ºC;

предельное значение – 100% при 25ºC;

- абсолютная влажность воздуха при среднегодовом значении: 11 г·м-3;

- атмосферное давление: 86 - 106,7 кПа или 650 – 800 мм рт. ст.;

- условия хранения изделий: в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха при температуре от +1 до +40°C.

Проектируемая конструкция усилителя низкой частоты должна сохранять свои параметры в пределах норм, установленных техническим заданием, а также в процессе воздействия выше рассмотренных климатических факторов.

1.2 Предварительный расчёт

усилитель частота схема

Для определения количества каскадов находим общий коэффициент усиления по напряжению всего усилителя. Для этого определяем напряжение на выходе усилителя по формуле:

,

где - мощность сигнала в нагрузке, , - сопротивление нагрузки, .

.

Определяем коэффициент усиления усилителя по формуле:

,

где - входное напряжение усилителя, ,

.

Определяем коэффициент усиления усилителя в логарифмических единицах по формуле:

,

.

Учитывая, что коэффициент усиления по напряжению одного каскада принято иметь не более , так как нелинейные искажения могут превысить уровень, принимая количество каскадов равным трём, выбираем схему, состоящую из 3 каскадов, где оконечным каскадом будет трансформаторная схема. Предоконечным каскадом является фазоинверсная схема. Каскадом предварительного усиления будет являться схема с общим эмиттером.

Структурная схема усилителя представлена на чертеже ПК200108.316.23.10 Э1.

1.3 Описание существующих конструкций

Транзисторные усилители низкой частоты могут строиться на одной из двух схем – трансформаторной или бестрансформаторной.

Рассмотрим достоинства и недостатки бестрансформаторного двухтактного каскада усиления мощности.

В схему входят два транзистора разной структуры: транзистор Vl - p-n-p, транзистор V2 - n-p-n. По постоянному току транзисторы включены последовательно, образуя как бы делитель напряжения питающего их источника постоянного тока. При этом на коллекторе транзистора V1 относительно средней точки между ними, называемой точкой симметрии, создается отрицательное напряжение, равное половине напряжения источника питания, а на коллекторе транзистора V2 - положительное, и также равное половине напряжения источника питания. Динамическая головка B включена в эмиттерные цепи транзисторов: для транзистора V1 - через конденсатор С2, для транзистора V2 - через конденсатор С1. Таким образом, транзисторы по переменному току включены по схеме ОК (эмиттерными повторителями) и работают на одну общую нагрузку – головку В.

На базах обоих транзисторов усилителя действует одинаковое по значению и частоте переменное напряжение, поступающее от предоконечного каскада. А так как транзисторы разной структуры, то и работают они поочередно, в два такта: при отрицательной полуволне напряжения открывается только транзистор V1 и в цепи головка В - конденсатор С2 появляется импульс коллекторного тока (график б), а при положительной полуволне открывается только транзистор V2 и в цепи головка - конденсатор С1 появляется импульс коллекторного тока этого транзистора (график в). Таким образом, через головку течет суммарный ток транзисторов (график г), представляющий собой усиленные по мощности колебания звуковой частоты, которые она преобразует в звуковые колебания.

Достоинства схемы:

- нет необходимости использовать трансформаторы, занимающие достаточно много места;

- отсутствие трансформаторов означает отсутствие паразитных высокочастотных резонансов, значительно ухудшающих качество сигнала;

- можно значительно улучшить качество сигнала путем правильного подбора компонентов.

Недостатки:

- тяжело подобрать транзисторы (особенно при использовании транзисторов разной полярности) с характеристиками, близкими на всем диапазоне значений выходного сигнала, это приводит к значительному усложнению схемы;

- бестрансформаторную схему нельзя приспособить к широкому диапазону нагрузок.

Таким образом, трансформаторный каскад усиления мощности лучше бестрансформаторного, так как он обеспечивает наилучшее согласование нагрузки с выходным сопротивлением усилителя, и цепь нагрузки изолируется от действующих в цепях усилителя постоянных напряжений.

1.4 Описание схемы электрической принципиальной

Схема электрическая принципиальная усилителя низкой частоты переносной магнитолы представлена на чертеже ПК 200108.316.23.10 Э3.

Входной низкочастотный сигнал поступает на вход усилителя низкой частоты и далее через разделительный конденсатор С1 на вход каскада предварительного усиления, собранного на транзисторе VT1 по схеме с общим эмиттером. Этот каскад обладает большим коэффициентом усиления как по току, так и по напряжению, что очень важно для входного каскада. Входное сопротивление каскада с общим эмиттером определяется крутизной вольт – амперной характеристики транзистора, поэтому выбираем в первом каскаде транзистор КТ3107Д с большим коэффициентом усиления и малыми собственными шумами.

Напряжение смещения на базе транзистора VT1 снимается с делителя R1, R2. Резистор R4 служит для стабилизации рабочей точки транзистора при изменении температуры окружающей среды. Конденсатор С4 - блокировочный. Он шунтирует резистор R4 по переменному току и тем самым предотвращает снижение коэффициента усиления каскада по напряжению.

Цепочка R5 С2 выполняет роль фильтра низких частот по цепи питания каскада предварительного усиления и не пропускает сигналы свыше частоты 80 Гц.

Без этого фильтра усилитель низкой частоты склонен к самовозбуждению, то есть усилитель может стать генератором низкой частоты и следовательно не выполнять свои функции.

Нагрузкой каскада предварительного усиления служит резистор R3. с него через разделительный конденсатор С3 усиленный сигнал поступает на вход предоконечного каскада, выполненного также по схеме с общим эмиттером на транзисторе VT2. Резисторы R6, R7, R9 обеспечивают начальное смещение и термостабилизацию схемы. Конденсатор С5 необходим для устранения обратной связи по переменному току. Резистор R8 выполняет роль нагрузки предоконечного каскада.

Усиленный по мощности сигнал с выхода предоконечного каскада поступает на вход двухтактного оконечного каскада, собранного на комплементарной паре транзисторов VT3, VT4 разной проводимости, но с одинаковыми параметрами, по схеме сообщим коллектором.

Такая схема применяется при значениях выходной мощности порядка нескольких ватт. Работает каскад в режиме класса В. Его достоинства: простота, высокий КПД, небольшой коэффициент гармоник, хорошее согласование с низкоомной нагрузкой.

Усиленный по мощности низкочастотный сигнал с выхода оконечного каскада далее поступает через разделительный конденсатор С6 в нагрузку, которой является головка динамическая.

2. Расчет элементов схемы электрической принципиальной

2.1 Расчёт оконечного каскада

1. Определяем колебательную мощность, отдаваемую каскадом по формуле:

,

где - мощность в нагрузке, , - КПД трансформатора, принимаем равным 0,7:

.

2. Определив отдаваемую каскадом мощность, можно выбрать тип транзистора. В данном случае это транзистор типа КТ816А с параметрами: , , , .

3. Определяем допустимое напряжение на коллекторе транзистора по формуле:

,

где - максимально допустимое значение напряжения на коллекторе транзистора, ,

.

4. Определяем величину импульса тока в коллекторной цепи по формуле:

,

.

5. Определяем сопротивление нагрузки, вносимое в половину первичной обмотки трансформатора по формуле:

,

где - амплитуда напряжения в цепи коллектора, , где

 - остаточное напряжение на коллекторе, :

,

.

6. Строим нагрузочную характеристику каскада по двум точкам:

1 точка - ,

2 точка - .

Из графика определяем максимальное значение коллекторного тока:

.

7. Определяем отдаваемую каскадом мощность по формуле:

,

.

8. Определяем мощность рассеяния на коллекторе транзистора по формуле:

,

.

9. Определяем исходный ток коллектора по формуле:

,

.

Исходя из полученных данных, находим амплитуду тока коллектора по формуле:

,

.

По статической характеристике определяем:

- ток базы ,

- напряжение смещения .

Для максимального выходного тока находим следующие значения:

-,

-.

Исходя из этих данных, определяем амплитуды тока и напряжения базы:

,

,

,

.

10. Определяем входное сопротивление с учетом смещения по формуле:

,

.

11. Определяем амплитуду тока базы с учетом запаса по входной мощности по формуле:

,

.

12. Определяем требуемую входную мощность по формуле:

,

.

13. Определяем коэффициент усиления по мощности по формуле:

,

.

14. Определяем значения резисторов делителя по формулам:

,

,

,

.

15. Определяем мощность рассеяния на резисторах и по формулам:

,

,

,

.

16. Определяем наибольшее значение напряжения на резисторе по формуле:

,

.

17. Определяем напряжение входного сигнала по формуле:

,

.

18. Определяем сопротивление первичной обмотки входного трансформатора по формуле:

,

,

,

.

19. Определяем параметры выходного трансформатора. Для этого определяем коэффициент трансформации по формуле:

,

.

Определяем сопротивление первичной обмотки по формуле:

,

.

Определяем сопротивление вторичной обмотки по формуле:

,

.

Определяем индуктивность первичной обмотки трансформатора по формуле:

,

.

Определяем индуктивность всей обмотки трансформатора по формуле:

,

.

20. Определяем коэффициент нелинейных искажений.

Для этого определяем точки пересечения динамической характеристики каскада со статическими характеристиками транзистора и составляем таблицу зависимости токов и напряжений.

Таблица 1 – Зависимость токов и напряжений каскада

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| точки |  |  |  |  |
| 1 | 0,12 | 2 | 0,61 | 0,61 |
| 2 | 0,4 | 5 | 0,615 | 0,62 |
| 3 | 0,68 | 10 | 0,62 | 0,64 |
| 4 | 1,12 | 20 | 0,63 | 0,67 |
| 5 | 1,16 | 25 | 0,64 | 0,69 |
| 6 | 1,3 | 30 | 0,65 | 0,7 |
| 7 | 1,44 | 35 | 0,66 | 0,73 |
| 8 | 1,56 | 40 | 0,68 | 0,75 |
| 9 | 1,64 | 45 | 0,69 | 0,77 |

По данным таблицы 1 определяем напряжение сигнала в источнике по формуле:

,

где .

По полученным значениям напряжения сигнала и коллекторного тока строим сквозную динамическую характеристику каскада. Крайние точки характеристики соответствуют минимальному и максимальному значениям выходного тока:

-,

-,

-,

-,

-.

Определяем гармоники тока и его среднее значение по формулам:

,

,

,

,

,

,

,

,

,

.

Правильность определения токов гармоник проверяем по формуле:

,

.

Определяем коэффициент гармоник по формуле:

,

.

2.2 Расчёт предоконечного каскада

1. Выбираем транзистор по следующим параметрам:

-,

-.

Таким требованиям отвечает транзистор ГТ405А с параметрами:

-,

-,

-,

-,

-.

2. Определяем ток коллектора транзистора в точке покоя по формуле:

,

.

3. Определяем напряжение в точке покоя по формуле:

,

.

4. Определяем положение точки покоя на статической характеристике транзистора ГТ405А и определяем ток базы и напряжение базы в точке покоя:

,

.

5. Определяем сопротивление резистора в цепи эмиттера и его мощность рассеяния по формулам:

,

,

,

.

6. Определяем ток делителя в цепи смещения по формуле:

,

.

7. Определяем сопротивления и мощности рассеяния резисторов делителя по формулам:

,

где ,

,

,

,

,

,

,

.

8. Определяем общее сопротивление делителя по формуле:

,

.

9. Определяем ёмкость конденсатора в цепи эмиттера по формуле:

,

.

10. Определяем коэффициент усиления по напряжению по формуле:

,

где ,

,

,

,

.

11. По нагрузочным характеристикам определяем .

12. Определяем сопротивление коллекторной цепи транзистора второго каскада по формулам:

,

.

2.3 Расчёт каскада предварительного усиления

1. Выбираем транзистор для предварительного каскада.

Для выбора транзистора определим допустимое напряжение между коллектором и эмиттером транзистора и допустимый ток коллектора:

-,

-.

Таким требованиям отвечает транзистор КТ3107Д с параметрами:

-,

-,

-,

-,

-.

2. Определяем ток в точке покоя по формуле:

,

.

3. Определяем сопротивление в цепи коллектора по формуле:

,

,

,

.

4. Определяем сопротивление в цепи эмиттера по формуле:

,

,

,

.

5. Определяем величину сопротивления в цепи делителя, для этого задаемся величиной коэффициента нестабильности , по формуле:

,

где - сопротивление базы транзистора,

 - коэффициент передачи тока в схеме с общей базой,

,

,

.

6. Определяем сопротивления в цепи эмиттера по формулам:

,

где ,

,

,

.

7. Определяем коэффициент усиления по напряжению каскада по формуле:

,

,

,

,

,

,

,

,

,

8. Определяем ёмкость по формуле:

,

.

9. Определяем ёмкости разделительных конденсаторов по формуле:

,

.

10. Определяем параметры элементов фильтра в цепи питания по формулам:

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

.

11. Определяем общий коэффициент усиления всего усилителя по формуле:

,

.

2.4 Выбор элементов схемы

Выбор элементов проектируемого усилителя низкой частоты проводим исходя из расчета элементов схемы электрической принципиальной, а также с учетом условий эксплуатации.

Расчетные и принятые номинальные значения элементов схемы электрической принципиальной сведены в таблицы 2 и 3.

Таблица 2 – Расчётные и номинальные значения сопротивлений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение элемента | Расчётное значение сопротивления, Ом | Номинальное значение сопротивления, Ом | Расчётное значение мощности рассеяния, Вт | Номинальное значение мощности рассеяния, Вт | Тип элемента |
| R1 | 27000 | 27000 | - | 0,125 | C1 - 4 |
| R2 | 4500 | 4700 | - | 0,125 | C1 - 4 |
| R3 | 5333 | 5600 | 0,01 | 0,125 | C1 - 4 |
| R4 | 2667 | 2700 | 0,005 | 0,125 | C1 - 4 |
| R5 | 3905 | 3900 | 0,05 | 0,125 | C1 - 4 |
| R6 | 1459 | 1500 | 0,01 | 0,125 | C1 - 4 |
| R7 | 53,3 | 56 | 0,24 | 0,25 | C1 - 4 |
| R8 | 2595 | 2700 | 0,005 | 0,125 | C1 - 4 |
| R9 | 13,6 | 15 | 0,027 | 0,125 | C1 - 4 |
| R10 | 300 | 330 | 1 | 1 | C1 - 4 |

Таблица 2 – Расчётные и номинальные значения ёмкостей схемы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение элемента | Расчётное значение ёмкости, мкФ | Номинальное значение ёмкости, мкФ | Номинальное значение напряжения, В | Тип элемента |
| C1 | 42,8 | 39 | 25 | K50 - 35 |
| C2 | 4,8 | 4,7 | 25 | K50 - 35 |
| C3 | 4,8 | 4,7 | 25 | K50 - 35 |
| C4 | 1,9 | 1,8 | 25 | K50 - 35 |
| C5 | 186,6 | 180 | 25 | K50 - 35 |

Заключение

Целью курсового проекта являлось разработка, составление и расчёт схемы усилителя низкой частоты для переносной магнитолы.

В ходе выполнения проекта была разработана схема электрическая структурная, схема электрическая принципиальная, рассмотрены условия эксплуатации, произведен сравнительный анализ существующих схем усилителей. Проведены расчеты оконечного каскада мощного усиления, предоконечного каскада и предварительного усилителя, определены коэффициенты усиления отдельных каскадов и усилителя в целом. Рассчитаны значения сопротивлений и емкостей схемы, на основе которых проведен выбор стандартных резисторов и конденсаторов, составлен перечень элементов.

В процессе проектирования разработана и выполнена следующая конструкторская документация:

- пояснительная записка;

- схема электрическая принципиальная;

- схема электрическая структурная.

Список используемых источников

1. Хиленко В.И. Основы радиоэлектроники: Учебник.- 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Судостроение, 1983.

2. Буланов Ю.А., Усов С.А. Усилители и радиоприемные устройства. – М.:. Высшая школа, 1980.

3. Арестов К.А., Яковенко Б.С. Основы электроники: Учебное пособие для техникумов.- М.: Радио и связь, 1988.

4. Гольцев В.Р., Богун В.Д., Хиленко В.И. Электронные усилители. – М.: Высшая школа, 1990.

5. Вайсбурд Ф.И., Панаев, Г.А., Савельев Б.Н. Электронные приборы и усилители.- М.: Радио и связь, 1987.

Приложение А

Усилитель низкой частоты. Перечень элементов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Количество | Примечания |
| Конденсаторы |
| С1 | К50-35-39мкФ-25В±10% | 1 |  |
| С2, С3 | К50-35-4,7мкФ-25В±10% | 2 |  |
| C4 | К50-35-1,8мкФ-25В±10% | 1 |  |
| C5 | К50-35-180мкФ-25В±10% | 1 |  |
| Резисторы |
| R1 | С1-4-27кОм-0,125 | 1 |  |
| R2 | C1-4-4,7кОм-0,125 | 1 |  |
| R3 | C1-4-5,6кОм-0,125 | 1 |  |
| R4, R8 | C1-4-2,7кОм-0,125 | 2 |  |
| R5 | C1-4-3,9кОм-0,125 | 1 |  |
| R6 | C1-4-1,5кОм-0,125 | 1 |  |
| R7 | С1-4-56Ом-0,25 | 1 |  |
| R9 | C1-4-15Ом-0,125 | 1 |  |
| R10 | C1-4-330Ом-1 | 1 |  |
| Транзисторы |
| VT1 | КТ3107Д | 1 |  |
| VT2 | ГТ405А | 1 |  |
| VT3 | КТ816А | 1 |  |
| VT4 | КТ816А | 1 |  |