**Введение**

Усилители звуковой частоты применяются во всех частях тракта радиовещания: студийной, передающей, приёмной. УЗЧ так же применяются в каналах записи и воспроизведения звука. Кроме радиовещания они широко используются в различных областях техники. Основное назначение усилителей мощности - это усиление сигнала, т. е. при подаче на вход УМ электрического сигнала малой мощности на нагрузке получается сигнал той же формы, но большей мощности. Для усиления сигнала используется энергия источника питания при помощи усилительных элементов.

Усилители звуковых частот делятся на две группы: усилители недетерминированных сигналов и усилители детерминированных сигналов. К первой группе относятся усилители, работающие от звуковых сигналов после их преобразования в электрические. Назначением этих усилителей является передача звуковой информации. Усилители этой группы входят в состав аппаратуры вещания, а также звукового кино. Ко второй группе относятся усилители, входящие в состав устройств автоматического управления и контроля, а также усилители измерительных устройств.

Требования к электрическим параметрам усилителей звуковых сигналов на основе компромисса между соображениями о качестве воспроизведения и экономичности. При этом для головных звеньев тракта передачи (радиовещательных и телевизионных центров) и для магистральных кабельных и радио релейных линий, обслуживающих весьма большие контингенты слушателей и зрителей, электроакустические показатели выбираются предельно высокими, а для распределительной и приемной сетей (усилительные станции проводного вещания, радиовещательные и телевизионные приемники) по экономическим соображениям – существенно более низкими. Вследствие массовости и больших суммарных мощностей усилителей распределительной и приемной сетей большое значение приобретает требование высокой энергетической эффективности. При этом методы и возможные пределы повышения этой эффективности определяются свойствами звукового сигнала.

**1. Эскизный расчет УЗЧ**

1) Определение примерного числа каскадов – 3 шт.

Rг ,Eг Rг

Выход ной

каскад

Схема

регулировки усиления

Входной

каскад

Регулир овка

тембра

КПУ

2) Распределение между каскадами линейно-частотных искажений.

Входной каскад: Мв=-3.5 дБ Мв=0.33

3) Распределение нелинейных искажений

Выходной каскад: Кг=0.7

**2. Расчет оконечного каскада**

Расчет амплитуды напряжения на нагрузке

Uнm=√(2RнPн)=30.9 В

расчет напряжения источника питания

Е=√(10PнRн)=70 В

3) расчет коэффициента использования напряжения питания

ξ=Uнm/0.5E=0.88

расчет амплитуды коллекторного тока

Iкm= Uнm/Rн=7.725 A

расчет максимального напряжения между коллектором и эмиттером

Uкэmax=E=70 В

расчет максимальной мощности, рассеиваемой на коллекторе одного транзистора в режиме В

Pkmax=E2/40Rн=30.6 Вт

Предельная частота оконечного транзистора

fh21э=(2..3)fв=36 кГц

По рассчитанным данным выберем транзисторы (VT10,VT11). Это будут транзисторы КТ818А и КТ819 соответственно.

Далее расчет будем проводить графическим методом (см. приложение)

Uкm= 33.25 В; Ikm=8.2 A; Pфак=136 Вт; Iбm=Ikm/h21э=0.41 А

Рассмотрим теперь выбор предоконечных транзисторов VT8 и VT9 и расчет их режимов работы.

Расчет амплитуды коллекторного тока

I`km=7IБm=2.87 A

Расчет допустимой величины тока покоя

I`0k=0.05 I`km=0.287 A

Расчет сопротивления резисторов R21 и R22

R21=R22=0.4/I`0k=1.39 Ом

Уточнение амплитуды коллекторного тока

I`km=Iбm+Uбэm/R21=1.9 А

Расчет рассеиваемой мощности на каждом предоконечном транзисторе при отсутствии сигнала

Pрас= I`0kЕ/2=10 Вт

Расчет максимальной величины рассеиваемой мощности

P`kmax= I`0kЕ/2+0.3Pн/h21э=11.8 Вт

По рассчитанным данным выберем транзисторы VT8 и VT9. Это будут транзисторы КТ816А и КТ817А соответственно.

Далее расчет будем проводить графическим методом (см. приложение)

U`кэmax= 70 В; I`km=0.98 A; I`бm=Ikm/h21э=0.14 А; I`Б0= I`0k/h21э=11 мА;

Uсм=U`бэ08+UR1+ U`бэ09=1.6 B; Iсм≥(2..3)I`бm=0.35 A

**3. Расчет нелинейных искажений**

Для определения нелинейных искажений оконечного каскада необходимо построить сквозную динамическую характеристику, устанавливающую зависимость тока Iк в нагрузке Rн от входного напряжения каскада U1.

Для построения сквозной характеристики одного плеча достаточно трех точек.

1) Ik=Ikm=7.725 A тогда U1max=U`бэm+Uбэm+Uнm= 32.37 B

2) Ik=0.5Ikm=3.86 A тогда Uбэ=0.73 В; I`k= Iб+Uбэ/R21=0.73 A;

I`б=29 мА; Uбэ=0.6 В; U1= U`бэ+Uбэ+IkRн=16.7 В

3) Ik=0 А тогда U1min=1.2 В

Построенную сквозную характеристику см. в приложении.

Примем коэффициент асимметрии b=0.2

Основным инженерным методом расчета коэффициента гармоник явдяется метод пяти ординат.

Imax=Ikm(1+b)=9.27 A

I1=Ik1(1+b)=4.632 A

I0=Iok(1+b)-Iok(1-b)=2bIok=0.11 A

I2= -Ik1(1-b)= -3 A

Imin= - Ikm(1-b)= -6.18 A

Метод пяти ординат основан на разложении искаженной кривой тока в ряж Фурье при его ограничении членом, соответствующим 4-й гармонике. При этом сопротивление цепи, в которой протекает рассматриваемый ток, предполагается чисто активным, в результате чего начальные фазы гармоник оказываются равными 0 или π. Средние значения тока и амплитуды токов гармоник получаются из следующих выражений:

Icp=(Imax+Imin+2(I1+I2))/6=1.059 A

I1m=(Imax-Imin+I1+I2)/3=7.694 A

I2m=(Imax+Imin-2I0)/4=0.7 A

I3m=(Imax-Imin-2(I1-I2))/6= - 0.031 A

I4m=(Imax+Imin-4(I1+I2)+6I0)/12= - 0.23 A

Проверка: Icp+I1m+I2m+I3m+I4m=Imax (верно)

4) расчет коэффициента гармоник

Кг = ((√(I22m+ I23m+ I24m)/I1m)100%=9.5%

Обычно Кг расч > Кг зад. В этом случае необходимо принять меры по снижению Кг. Для этого оконечный каскад совместно с промежуточным каскадом охватывают ООС.

F=Кграсч/Кг зад= 13.5

β= (F-1)/K0=12.5

**4. Расчет предоконечного каскада УЗЧ**

Расчет элементов СхЭ каскада с ПОС по питанию на транзисторе VT7 расчет амплитуды переменной составляющей тока коллектора VT7

Ik7=1.3Iб8=182 мА

расчет тока коллектора в точке покоя

Ik07=1.3 Ik7=236 мА

расчет максимальных значений

Ikmax=2 Ik07=472 мА

Ukmax=Eп=70 В

Рkmax=0.75Ik07Eп=24.7 Вт

выбор транзистора

fh21э≥ 10Ffв=4.5 МГц; Iкдоп=1.1Iкmax=519 мА; Uкэдоп=77 В; Ркдоп≥Ркmax=24.7 Вт

Под данные параметры подходит транзистор КТ915Г

расчет величины R19

R19=Eп/2Ik07=148 Ом

расчет тока покоя базы

Iб07=Ik07/h21э7=15.7 мА

расчет входного сопротивления VT7

h11э7=rб+(1+h21э7)\*26 10-3/Iko7=1667 Ом

расчет нагрузки по переменному току

RНТП= (h11эR8+R8Rнh21э)/(R8+h11э+h21эRн)= 136 Ом

расчет сопротивления R20

R20=0.2R8=14.8 Ом

расчет элементов ПОС: R18 и C9

R18=37.4 Ом

С9=1/(2πfн(R7+Rн)√(1/M2н-1))=34 мкФ

расчет коэффициента усиления каскада на транзисторе VT7

KVT7=SVT7RНТП/(1+ SVT7R20)=1.18

SVT7=0.01 А/В

Расчет входного сопротивления каскада на транзисторе VT7

Rвх7=h11э7+(1+h21э7)R20= 1.9 кОм

Расчет ДК (VT3 и VT4) c активной нагрузкой в виде зеркала тока (VT5 и VT6)

Выбор транзистора fh21э≥ 10fв=270 кГц

UкэДОП=1.2Eп=84 В

В качестве активных элементов выберем транзисторные сборки КТС394А (VT3, VT6) и КТС622Б (VT2,VT5,VT1,VT4)

2) расчет токозадающего резистора R11

R11=0.5Eп/(IНh21э5)=222 Ом

расчет величины сопротивления R13=R12=(F-1)/S=100 Ом

расчет коэффициента усиления ДК

КДУ=SVT3Rвх7(1+ SVT3R12)=38

расчет элементов цепи ООС (R16,R14)

К0=КVT7KДУ=44

R16>>Rн= 400 Ом

R14=βR6/(1-β)=100 Ом

RвхДУ=h11э4+(1+h21э4)R4= 2.1 кОм

Расчет С1,R9

R9=R14=100 Ом

С1=1/(2πfнR9√(1/М2н-1))=1.7 мкФ

**5. Расчет регулятора тембра**

Необходимо рассчитать пассивный темброблок согласно следующим исходным данным:

Δb=+-11 дБ, на частотах fн=25 Гц, fв=18 кГц. Поскольку не заданы частоты f2 и f3, то примем f2=f3=1 кГц. При этом считаем, что fн=f1=25 Гц и fв=f4=18 кГц. Выбираем коэффициенты нагрузки ǽ1=ǽ2=5. Rист=100 Ом

Регулятор тембра НЧ:

Определение коэффициента коррекции для αн=f1/f2=0.025. mн=3.3

Сопротивление регулятора тембра

R10=m ǽ1Rист/(m+1)=383 Ом

Постоянная времени регулятора

τ=x`/2πf`= 0.8 мс

Емкость регулятора

С= 106τ /R= 2 мкФ

Затухание, вносимое регулятором в полосе равномерно усиливаемых частот:

b0= 20 lg(1+m)=10.3 дБ

R6=R=368 Ом

R7=mR=1.2 кОм

R8=R/m=111 Ом

C5=C= 2 мкФ

C6=mC=6.6 мкФ

Необходимое входное сопротивление следующего за темброблоком каскада Rвх=(m+1) ǽ1R=8.2 кОм

Регулятор тембра ВЧ:

1) Определение коэффициента коррекции mв= 5.5 для αв=f4/f3=18

2) Сопротивление регулятора

R=(m+1) ǽ1Rист=3.2 кОм

Постоянное время регулятора

τ=x`/2πf`= 80 мкс

Емкость регулятора

С= 106τ /R= 25 нФ

5) Затухание, вносимое регулятором в полосе равномерно усиливаемых частот:

b0= 20 lg(1+m)=16 дБ

6) R9=R=3.2 кОм

R10=R=3.2 кОм

С7=С=25 нФ

С8=mC=137 нФ

Необходимое входное сопротивление следующего за темброблоком каскада Rвх=(m+1) ǽ2R/m=18.2 кОм

**6. Расчет регулировки усиления**

каскад частота транзистор тембр

Dmax=20lg(Rp/R2) Rp=1600 Ом

Rp/R2=31

R2=51.6 Ом

Rр=R1+R2

R1=1500 Ом

**7. Расчет каскада предварительного усиления**

При построении предварительного усилителя целесообразно использовать линейные ИМС. В данной курсовой работе такой ИМС является ОУ КР1407(ее параметры см. в приложении). Исходя из коэффициента усиления ОУ, рассчитаем резисторы R5 и R4. Положим R5=20 кОм. R4= R5/(K-1)=20 Ом. Исходя из условия R5||R4=Rp||R3 найдем R3. R3=20 Ом. Для того, чтобы работал ОУ необходимо напряжение +-12 В. Для этого поставим стабилитроны VD1 и VD2. Рассчитаем емкость С1=0.159/(fHRu√(1-M2H))= 56 мкФ. Рассчитаем резистор: R17= (Eп-Ucn)/(IR11+Iо.у.))=1 кОм. Рассчитаем С4. 40R17C4=Tн. С4=1 мкФ.

**Заключение**

В данной работе была спроектирована схема усилителя звуковой частоты. По результатам расчетов УЗЧ отдает в нагрузку требуемую мощность, при уровне линейных и нелинейных искажений не выше заданных. Снижение уровня нелинейных искажений удалось добиться за счет введения глубокой ООС в оконечном и предоконечном каскадах. Отношение сигнал-шум всего усилителя определяется ОУ предварительного усилителя. Для питания всей схемы необходим двуполярный стабилизированный источник питания величиной 70 В.

**Список использованных источников**

1. Аналоговые электронные устройства: Методические указания к курсовой работе / РГРТА; Сост. Д.И. Попов. Рязань, 1992. - 32 с.
2. Регуляторы тембра: Методические указания к курсовой работе / РГРТА; Сост. В.С. Осокин. Рязань, 1993. - 24 с.
3. Регуляторы усиления: Методические указания к курсовой работе / РГРТА; Сост. В.С. Осокин. Рязань, 1990. - 28 с.
4. Справочная книга радиолюбителя-конструктора. Под ред. Н.И. Чичтякова М.: Радио и связь, 1990. - 624 с.
5. Проектирование транзисторных усилителей звуковых частот / Н.Л. Безладнов, Б.Я. Герценштейн, В.К. Кожанов и др.; под ред. Н.Л. Безладнова. М.: Связь, 1979. - 368 с.
6. Интегральные микросхемы: Справочник / Б.В. Тарабрин, Л.Ф. Лукин, Ю.Н. Смирнов и др.; Под ред. Б.В. Тарабрина. М., 1984. - 528 с.
7. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник / К.М. Брежнева, Е.И. Гатман, Т.И. Давыдова и др.; Под ред. Б.Л. Перельмана. М.: Радио и связь, 1981. - 656 с.