**План**

Введение

1. Разработка структуры усилителя
2. Разработка и расчет оконечного каскада усилителя мощности

2.1. Выбор первой пары транзисторов

2.1.1. Построение нагрузочной прямой в режиме В

2.1.2. Построение мощностных характеристик

2.1.3. Построение нагрузочной прямой в режиме АВ

2.2. Выбор второй пары транзисторов

2.2.1. Построение нагрузочной прямой в режиме В

2.2.2. Построение нагрузочной прямой в режиме АВ

2.3. Расчет напряжения смещения

2.4. Нелинейные искажения

1. Разработка и расчет предоконечного каскада

3.1. Выбор типа транзистора

3.2. Построение нагрузочных прямых

1. Разработка и расчет промежуточного каскада

4.1. Выбор операционного усилителя

4.2. Расчет масштабирующего усилителя с инвертированием сигнала

1. Разработка и расчет входного каскада

5.1. Выбор операционного усилителя

5.2. Расчет масштабирующего усилителя без инвертирования сигнала

1. Разработка и расчет блока питания
2. Разработка и описание печатной платы.

Заключение

Список использованной литературы

**Введение**

Несмотря на быстрое развитие усилительной техники, бестрансформаторные усилители мощности по-прежнему играют важную роль.

Такие усилители могут быть легко выполнены по интегральной технологии. Именно поэтому современные БМУ представляют собой компактные и экономичные устройства. Кроме того, отсутствие частотно-зависимых элементов в цепях связи позволяет вводить глубокие отрицательные обратные связи не только по переменному, но и по постоянному току, что существенно улучшает характеристики усилителей.

Основной функцией усилителей мощности (УМ) является обеспечение в нагрузке заданного значения мощности; усиление по напряжению является второстепенным фактором, в результате УМ являются основными потребителями энергии источников питания. Для обеспечения высокого КПД мощные выходные каскады работают в режиме класса В или АВ. Схемы строят двухтактными на транзисторах различного типа проводимости (комплементарных), включенных по схеме с ОК или с ОЭ.

Исходные данные:

* мощность, отдаваемая в нагрузку ;

* сопротивление нагрузки ;

* внутреннее сопротивление источника сигнала ;

* диапазон усиливаемых частот ;

* коэффициент частотных искажений ;

* коэффициент гармоник ;

1. **Разработка структуры усилителя**

Усиление – это процесс увеличения электрических сигналов колебаний с сохранением их частотного спектра и фазовых соотношений. В настоящее время усилители электрических сигналов применяются практически в любых электронных устройствах, таких как: устройства воспроизведения и записи информации, устройства автоматики, измерительные устройства, вычислительная техника и т.д.

Р1 Р2

Нагрузка

Усилитель

Источник сигнала

 Ро

Источник питания

Рисунок 1 - Общая схема усилителя.

Процесс усиления электрического сигнала происходит за счет мощности, потребляемой от источника питания. Часть мощности Ро в усилителе преобразуется в мощность Р2, т.е. в мощность, выделяемую в нагрузке. Для преобразования мощности Ро в мощность Р2 затрачивается мощность Р1, т.е. мощность источника сигнала. Таким образом, усиление – процесс увеличения мощности источника сигнала.

В этом данном курсовом проекте проектируется устройство, структурная схема которого изображена на Рисунке 2.

Цепь ООС

Uс

На-грузка

Оконеч-ный каскад

Пред-оконечный каскад

Входной каскад

Каскад предваритель-ного усиления

Евх

Цепь смеще-ния

Цепь смещения

Цепь смеще-ния

Рисунок 2 - Структурная схема проектируемого усилителя.

**2. Разработка и расчет оконечного каскада усилителя мощности**

Выберем в качестве оконечного каскада двухтактный, бестрансформаторный, каскад на составных биполярных транзисторах, включенных по схеме с общим коллектором. Это позволит нам осуществить непосредственную связь с нагрузкой, а значит, обойтись без громоздких трансформаторов и разделительных конденсаторов. А т.к. последние являются частотно-зависимыми элементами, то их отсутствие существенно расширит полосу пропускания усилителя. Отсутствие частотно-зависимых элементов позволяет вводить глубокие обратные связи по постоянному току, что улучшает характеристики усилителя.

Выберем схему построения оконечного каскада.

Для повышения КПД транзисторы оконечного каскада используют в режиме класса В. Тогда оконечный каскад будет состоять из двух симметричных плеч, каждое из которых будет работать параллельно и в противофазе друг другу на общую нагрузку (Рисунок 3).

Однако при этом существенно увеличиваются нелинейные искажения. Поэтому выходные каскады обычно используют в режиме АВ (при этом в принципиальную схему добавляется цепь смещения), обеспечивая высокий КПД и малые нелинейные искажения. Такие схемы выполняют на комплиментарных транзисторах.

При значительной мощности выходного сигнала (более 5 Вт) или при слишком большом коэффициенте гармоник может возникнуть ситуация, когда для предоконечного каскада тоже может потребоваться режим АВ. В этом случае оконечный каскад выполняют на составных транзисторах.

**2.1 Выбор 1ой пары транзисторов**

Первая пара транзисторов составляет свой каскад. Он состоит из двух комплементарных транзисторов V1 и V2, работающих на общую нагрузку . По своим усилительным свойствам транзисторы V1 и V2 должны быть идентичны. В схеме (Рисунок 4) транзисторы V1 и V2 включены с ОК. Напряжения источников питания равны между собой . При положительных входных сигналах транзистор V1 работает в активном режиме и усиливает входной сигнал, а транзистор V2 заперт. При отрицательных входных напряжениях - наоборот. Таким образом, транзисторы работают в активном режиме попеременно, каждый в течение одного полупериода входного напряжения. При оба транзистора заперты.

а) рассчитаем амплитуду выходного питания:

U = (2Pн Rн )1/2;

==15,49 В;

б) выберем напряжение питания:

Eп = Uнм + Uост= 15,49 + 6 = 21,49 , следовательно Eп = 21 В

Uост= 6 В;

в) рассчитываем мощность, рассеиваемую на одном транзисторе:

= 6,2 Вт

г) ток нагрузки:

А, то есть Ikm = 1,94 A;

д) исходя из рассчитанных данных выбираем пару транзисторов:

это транзисторы КТ-818В и КТ-819В.

КТ-818В - это кремневые мезаэпитаксиально – планарные p-n-p-транзисторы предназначены для применения в ключевых и линейных схемах. Корпус пластмассовый с гибкими выводами или металлический, масса не более 15 г.

КТ-819В - это кремневые мезаэпитаксиально – планарные n-p-n-транзисторы предназначены для применения в ключевых и линейных схемах, узлах, блоках аппаратуры. Корпус пластмассовый с гибкими выводами, масса не более 2,5 г. или металлостеклянный, масса не более 15 г.

**2.1.1 Построение нагрузочной прямой в режиме В**

Будем рассчитывать транзисторы в режиме класса В. Этот режим соответствует условию, когда начальное смещение между базами и эмиттерами транзисторов отсутствует и при отсутствии входного сигнала ток коллекторов близок к нулю. Анализ энергетических характеристик усилителя проводят для одного плеча, считая, что параметры второго плеча идентичны.

Строим нагрузочную прямую:

1) Iк = 0, Uкэ = Еп = 21 В

2) Uкэ = 0,

Рисунок 5 - Выходные характеристики транзистора КТ-819В.

Нагрузочная прямая на выходных характеристиках каждого из транзисторов проходит через точку В(1) с координатами

;

и точку 4: ; = 6 В;

На входной характеристике транзистора положение рабочей точки определяется в соответствии с положением рабочей точки на выходных характеристиках.

, ,

, ,

, .

Рисунок 6 - Входная характеристика транзистора КТ-819В.

Из входной характеристики находим:

; .

**2.1.2 Построение мощностных характеристик**

На Рисунке 7 представлены мощностные характеристики усилителя в режиме В. Это зависимости мощностей нагрузки, потребляемой от источника питания и рассеиваемой на коллекторах транзисторов, от амплитуды напряжения на нагрузке.

Рисунок 7 - Мощностные характеристики усилителя.

**2.1.3 Построение нагрузочной прямой в режиме АВ**

В режиме класса АВ за счет введения небольшого смещения и задания также небольшого тока покоя транзисторов амплитудная характеристика изменяется и становится более линейной, переходные искажения существенно уменьшаются. Если задать ток покоя равным максимальному току в нагрузке, то получим режим класса А. Однако переходные искажения в достаточной степени уменьшаются, даже если ток покоя составляет незначительную часть максимального тока в нагрузке.

Итак, для первой пары транзисторов:

Ik0= 0,1Iнm = 0,1\*1,94 = 0,194 A

Теперь построим нагрузочную прямую в режиме АВ. Она проходит через точку АВ с координатами , и точку 3 с координатами

=19,5–14,49 = 5,01 В,

=1,94+0,194 = 2,134 А

Рисунок 8 - Выходные характеристики транзистора КТ-819В.

Теперь переносим точки на входную характеристику:

,

,

,

.

Для этих токов находим соответствующие напряжения Uбэ:

,

,,

.

Рисунок 9 - Входная характеристика транзистора КТ-819В.

Найдем амплитудные значения :

Откуда получаем: ;

=0,35+14,49=14,84В.

Рассчитав максимальные значения входного тока и напряжения , определяют мощность, потребляемую входной цепью усилителя от предыдущего каскада и входное сопротивление:

,

.

**2.2 Выбор 2ой пары транзисторов**

Для второй пары транзисторов составного каскада входные параметры первого являются выходными, то есть для выбора транзисторов используем следующие данные:

Eп = Uнм + Uост= 14,84 + 6 = 20,84 , следовательно Eп = 21 В

Uост= 6 В;

= 0,15 Вт

 , то есть Ikm = 50 мA;

Исходя из рассчитанных данных выбираем пару транзисторов:

это КТ-629А и КТ-630А.

КТ-629А - это кремниевые эпитаксиально–планарные p-n-p-транзисторы предназначены для использования в быстродействующих импульсных и других неремонтируемых гибридных схемах, микромодулях, узлах и блоках, имеющих герметичную защиту от действия солнечного света, влаги и так далее, для аппаратуры широкого применения. Оформление бес корпусное, на диэлектрической подложке. Масса не более 0,02 г.

КТ-630А - это кремневые планарные n-p-n-транзисторы используются в быстродействующих импульсных и других схемах. Корпус металлический, герметичный, с гибкими выводами, масса не более 2 г.

**2.2.1 Построение нагрузочной прямой в режиме В**

Строим нагрузочную прямую:

1) Iк = 0, Uкэ = Еп = 21 В

2) Uкэ = 0, 21 / 297 = 70 мА;

Выходные характеристики:

Нагрузочная прямая на выходных характеристиках каждого из транзисторов проходит через точку В(1) с координатами

; =21В

и точку 4: ; = 6 В;

Рисунок 10 - Выходные характеристики транзистора КТ-630А.

На входной характеристике транзистора положение рабочей точки определяется в соответствии с положением рабочей точки на выходных характеристиках.

, ,

, ,

, .

Рисунок 11 - Входная характеристика транзистора КТ-630А.

**2.2.2 Построение нагрузочной прямой в режиме АВ**

Теперь построим нагрузочную прямую в режиме АВ для второй пары транзисторов. Она проходит через точку с координатами , и точку с координатами

 = 19 – 14,84 = 4,16В,

= 50\*10-3+10\*10-3 = 60мА

, так как ;

Затем переносим точки на входную характеристику:

,

,

,

.

Рисунок 12 - Выходные характеристики транзистора КТ-630А.

Для этих токов находим соответствующие напряжения Uбэ:

,

,

,

.

Рисунок 13 - Входная характеристика транзистора КТ-630А.

Найдем амплитудные значения:

Откуда получаем: ;

=0,13+14,84 = 14,97В.

Рассчитав максимальные значения входного тока и напряжения , определяют мощность, потребляемую входной цепью усилителя от предыдущего каскада и входное сопротивление:

,

,

**2.3 Расчет напряжения смещения**

Для режима АВ посчитаем напряжение смещения:

;

;

Исходя из полученного напряжения смещения выбираем диоды, которые компенсируют его. Выберем три универсальных диода КД519А.

**2.4 Нелинейные искажения**

Транзисторы в УМ работают при значительных амплитудах сигнала, поэтому усилителям мощности присущи значительные нелинейные искажения. В режиме класса В усилители являются экономичными, но обладают повышенными искажениями, которые определяются, во-первых, существенной нелинейностью входных характеристик транзисторов, во-вторых, неидентичностью как входных, так и выходных характеристик и, в-третьих, нелинейной зависимостью тока коллектора от тока базы.

В схеме с ОК уменьшение нелинейных искажений достигается за счет 100%-ной отрицательной обратной связи по напряжению. Построения амплитудной характеристики каскада ОК, работающего в режиме В соответствует уравнениям:

Rc=0 ; Rн =8Ом

;

Для токов коллектора найдем Uн:

 ;

 ;

 ;

 .

Для токов базы и соответствующим им найдем Евх:

, ,

, ,

, ,

, .

;

;

;

.

Построение амплитудной характеристики для режима АВ:

Эта характеристика более линейна вблизи начала координат по сравнению с режимом В.

; и

Для токов коллектора найдем Uн:

 ;

 ;

 ;

 .

Для токов базы и соответствующим им найдем Евх при

:

, ,

, ,

, ,

, .

;

;

;

.

Теперь посчитаем коэффициент нелинейных искажений по третьей гармонике в режиме В:

 .

Теперь посчитаем коэффициент нелинейных искажений по третьей гармонике в режиме АВ:

 .

Рисунок 14 - Амплитудная характеристика оконечного каскада.

**3. Разработка и расчет предоконечного каскада**

При необходимости получения больших выходных токов существенно возрастает ток, потребляемый базовыми цепями транзисторов УМ от предварительного каскада. Предварительные каскады, как правило, являются усилителями напряжения, работающими в режиме класса А.

Предоконечный каскад предназначен для согласования оконечного каскада на составных комплиментарных транзисторах, работающих в режиме класса АВ, с выходом ОУ А2. Предоконечный каскад построен на биполярном транзисторе n-p-n типа, который включен по схеме с ОЭ в цепь смещения оконечного каскада вместо резистора R4 (Рисунок 15).

Рисунок 15 - Принципиальная схема предоконечного и оконечного каскадов.

**3.1 Выбор типа транзистора**

Для предоконечного каскада входные параметры второй пары составного каскада являются выходными, то есть для выбора транзисторов используем следующие данные:

; =14,97В.

,,

Eк =2Еп ,следовательно Eк = 42 В

;

Исходя из рассчитанных данных выбираем транзистор: это КТ-601А - кремневые планарные n-p-n-транзисторы предназначенные для работы в радиовещательных и телевизионных приемниках, в усилительной аппаратуре и других устройствах. Корпус герметичный, металлический, с гибкими выводами, пластмассовый. Масса транзистора не более 2 г.

**3.2.1 Построение нагрузочных прямых**

1) Строим нагрузочную прямую по постоянному току:

а) Iк = 0, Uкэ = Ек = 42 В

б) Uкэ = 0, 42 / 3476 = 11 мА;

2) Строим нагрузочную прямую по переменному току:

а) ;

б) IK=0

Рисунок 16 - Выходные характеристики транзистора КТ-601А.

Затем переносим точки на входную характеристику:

,

,

,

Рисунок 17 - Входная характеристика транзистора КТ-601А.

Для этих токов находим соответствующие напряжения Uбэ:

,

,

,

Выбрав необходимый режим работы транзистора, то есть исходное положение рабочей точки на нагрузочной прямой и определив по характеристикам ток и напряжение смещения базы, необходимо обеспечить во входной цепи транзистора это напряжение смещения. Простейший способ обеспечить это смещение - включить в цепь базы транзистора источник напряжения Uбэ0.



Iд >>Iб; Iд =(3.. 5)Iб = 4Iб0 = 4\*118 = 472 мкА;

**4. Разработка и расчет промежуточного каскада**

Данный каскад будет построен на операционном усилителе. Операционный усилитель – это усилитель постоянного тока, имеющий высокий коэффициент усиления порядка несколько сотен единиц.

В данном каскаде применяем масштабирующий операционный усилитель с инвертируемым сигналом.

Рисунок 18 - Принципиальная схема промежуточного каскада.

Основной функцией этого усилителя умножение входного сигнала на постоянный коэффициент. В данной схеме операционный усилитель охвачен отрицательной параллельной обратной связью по напряжению.

**4.1 Выбор операционного усилителя**

Основные параметры операционного усилителя:

1) КU - коэффициент усиления по постоянному току, чем больше коэффициент, тем ближе операционный усилитель к идеальному.

2) Rвх – входное сопротивление;

3) Rвых – выходное сопротивление;

4) - напряжение питания, - около 5%;

5) Uвыхm – максимальная амплитуда выходного сигнала 80 %Еп

6) R н,min (1…2) кОм

7) I н,max = (5…10) мА

8) fв – верхняя граничная частота;

10) есм – напряжение смещения нуля;

11) Iвх1, Iвх2

Выберем операционный усилитель К140УД6, у которого

Uсм = 10 мВ, Iвх= 30 нА, ΔIвх = 10 нА, Uп= (5-17)В, Iпот= 4 мА, Rвх=1МОм, кос.сф.=70 Дб, Rн,min =1кОм.

**4.2 Расчет масштабирующего усилителя с инвертированием сигнала**

При анализе усилительных свойств схемы на операционном усилителе будем считать, что

;

так как , откуда получим

Также ,

из предыдущего каскада имеем Uвых = 0,04 В, а Uвх = 5 мВ, откуда

Теперь рассчитаем R1 и R2:

Зададимся произвольным значением R2 при условии R2>>Rнmin ,

Так как Rнmin = 1 кОм , откуда

С другой стороны

>>I0

, >>103 I0

Пусть I0 = 0,001 мкА, тогда >> 1 мкА, следовательно =10 мкА

,

R2<< Rвх, Rвх= 1МОм

, так как к0→∞, то

**5. Разработка и расчет входного каскада**

Данный каскад также будет построен на операционном усилителе. Только в отличие от предыдущего каскада мы выбираем масштабирующий усилитель без инвертирующего сигнала. Это каскад согласовывает высокое входное сопротивление сигнала с каскадом, обладающим более меньшим входным сопротивлением.

Операционный усилитель охвачен отрицательной последовательной обратной связью по напряжению.

Рисунок 19 - Принципиальная схема входного каскада.

**5.1 Выбор операционного усилителя**

Выберем операционный усилитель К140УД6, у которого

Uсм = 10 мВ, Iвх= 30 нА, ΔIвх = 10 нА, Uп= (5-17)В, Iпот= 4 мА, Rвх=1МОм, кос.сф.=70 Дб, Rн,min =1кОм.

**5.2 Расчет масштабирующего усилителя без инвертирования сигнала**

При анализе усилительных свойств схемы на операционном усилителе будем считать, что

;

так как , откуда получим

.

Также ,

из предыдущего каскада имеем Uвых = 5 мВ, а Uвх = 5 мВ, откуда

Теперь рассчитаем R1 и R2:

Зададимся произвольным значением R2 при условии R2>>Rнmin ,

Так как Rнmin = 1 кОм , откуда

С другой стороны

>>I0

, >>103 I0

Пусть I0 = 0,001 мкА, тогда >> 1 мкА, следовательно, =10 мкА

,

R2<< Rвх, Rвх= 1МОм

, так как к0→∞, то

**6. Разработка и расчет блока питания**

Блок источника питания необходим для преобразования переменного напряжения сети (~220 В, 50 Гц) в постоянное напряжение, необходимое для питания всех узлов проектируемого устройства. Схема выпрямителя напряжения представлена на Рисунке 20.

Рисунок 20 - Схема выпрямителя напряжения

##### Максимально необходимое постоянное напряжение равно напряжению питания усилителя мощности Еум=21 В, а так как питание двухполярное, то напряжение на выходе источника питания должно быть Uм=42 В. Другим необходимым параметром для расчета является отдаваемая в устройство мощность. Она равна сумме мощностей, потребляемых каждым отдельным узлом устройства - . Но, так как микросхемы потребляют незначительную мощность (все микросхемы не более Рм=1Вт), то потребляемая мощность в основном определяется мощностью, отдаваемой в нагрузку Рн и мощностями, рассеиваемыми на коллекторах транзисторов в УМ. Мощность, рассеиваемая на резисторах, также невелика (не более PR≤4Вт).


##### По исходным данным в качестве трансформатора выбираем трансформатор питания устройств на полупроводниковых приборах ТПП267-127/220-50 (ШЛМ 25х25). Отдаваемая мощность этим трансформатором 57Вт, что значительно больше требуемой. Это необходимо для предотвращения перегорания трансформатора, так как при включении питания мощность достигает пиковых значений, превышающих номинальное.

##### Структура выбранного трансформатора представлена на Рисунке 21. Основные параметры трансформатора ТПП267-127/220-50 представлены в таблице 1.

Рисунок 21 - Структура трансформатора ТПП267-127/220-50.

Таблица 1. Основные параметры трансформатора ТПП267-127/220-50

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рном, Вт | Ток первичной обмотки, А | Напряжение обмоток, В | Ток вторичных обмоток, А |
| 11-12,13-14 | 15-16,17-18 | 19-20,21-22 |
| 57 | 0.615/0.36 | 5 | 4.97 | 1.31 | 2.52 |

Для подключения трансформатора к сети ~220В необходимо соединить выводы первичной обмотки 3 и 7, 1 и 6, а напряжение подавать на выводы 2 и 9. На выходе трансформатора должно быть напряжение, действующее значение которого 1.11Uср=1.11\*40=44.4В, т.к. диодный мост будет выделять постоянную составляющую напряжения, т.е. Uср. Для получения постоянного напряжения на выходе трансформатора соединим последовательно все вторичные обмотки. Соединим выводы 12 и 15, 16 и 19, 20 и 13, 14 и 17, 18 и 21. Обмотки коммутируются подобным образом для того, чтобы можно было вывести среднюю точку (выводы 13 и 20). Выходное напряжение снимается с выводов 11 и 22. После трансформатора ставится диодный мост. В качестве диодов VD1-VD4 выбираем диоды 2Д220А, параметры которых Iпр max=6А, Uобр max=400 В, Uпр=1 В. на выходе диодного моста для сглаживания пульсаций поставим емкость. Для обеспечения коэффициента пульсаций Кп=0.05 необходима емкость С≈600 мкФ. В качестве этой емкости выберем 3 параллельно соединенных алюминиевых оксидно-электрических конденсатора К50-20-100В-220мкФ.

На выходе получаем постоянное напряжение Uп1=±21±1В. от этого напряжения будет питаться усилительный каскад. Для питания остальных узлов устройства необходимы напряжения Uп2=±10 В и Uп3=±5 В. Для этого подключим к Uп1=±21В каскад, изображенный на Рисунке 22.

Рисунок 22 - Цепь питания маломощных устройств.

Рассчитаем цепь питания, изображенную на Рисунке 22. Выберем стабилитроны VC1 и VC2 – 2С215Ж с напряжением стабилизации 15 В и током стабилизации 4.7мА, VC3 и VC4 – 2С147Г с напряжением стабилизации 5 мА.

Сопротивления R3 и R4 выбираем из условия

.

Тогда можно найти емкость С2:

.

Выбираем конденсатор К50-6-16В-50 мкФ±5%.

Сопротивления R1 и R2 выбираем из условия:

.

Тогда можно найти емкость C1:

.

Выбираем конденсатор К50-6-16В-50 мкФ±5%.

**7. Разработка и описание печатной платы**

Основная цель конструирования – создание коммутационного устройства для объединения всех элементов в функциональную схему с обеспечением требуемых технических и электрических параметров в заданном диапазоне характеристик при минимальных затратах.

Для этого необходимо выбрать тип печатной платы, определить класс точности, установить конфигурацию и габаритные размеры.

При конструировании печатных плат необходимо особое внимание обращать на выбор материала платы. Для печатных плат, эксплуатируемых при малых механических нагрузках, рекомендуется использовать гетинакс, при больших – стеклотексолит.

Габаритные размеры, конфигурацию и место крепления печатной платы выбирают в зависимости от того, где эти платы будут использоваться. В нашем случае будем разрабатывать печатные платы простой прямоугольной формы.

Размещение элементов конструкции печатных плат рекомендуется условной координатной сеткой.

Для удобства расположим каждый отдельный узел на отдельной печатной плате: УМ на одной плате, источник питания на другой.

**Заключение**

В данной работе спроектирован бестрансформаторный низкочастотный усилитель мощности, соответствующий заданным параметрам.

В ходе работы разработана принципиальная электрическая схема этого усилителя, с указанием причин выбора именно такой конфигурации. По каждому из каскадов отдельно также дается краткое описание.

В данной работе представлен расчет каждого из каскадов усилителя и преведены используемые в процессе расчета характеристики.

Также приведен расчет нелинейных искажений, создаваемых оконечным каскадом, работающим в режиме класса АВ. Нелинейные искажения предварительных каскадов очень малы, поэтому при расчете общего коэффициента нелинейных искажений не учитывается.

К данному курсовому проекту прилагается чертеж, выполненный на бумаге формата А1 и представляет собой принципиальную электрическую схему спроектированного усилителя, вид разработанной печатной платы со стороны проводящего рисунка и крепление элементов на печатной плате.

**Список использованной литературы**

1. Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник. Под общ. ред. Н.Н.Горюнова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 744с.
2. Интегральные микросхемы. Справочник. Под ред. Б.В. Тарабрина. - М.: Радио и связь, 1983г -528с.
3. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам. Под общ. ред. Н.Н.Горюнова. - М.: Энергия, 1976г -744с.
4. Транзисторы для аппаратуры широкого применения. Справочник. Под ред. Б.Л.Перельмана. - М.: Радио и связь, 1981г -656с.
5. Лукашенков А.В. Электронные устройства автоматики и телемеханики. Лабораторная работа №16. Расчет и исследование бестрансформаторных усилителей мощности. Методические указания. - Тула.: ТулПИ, 1988г -32с.
6. Воробьев Н.И. Проектирование электронных устройств. - М.: Высшая школа, 1989г -223с.
7. Александров К.К, Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. - М.: Энергоатомиздат, 1990г-228с.