ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова»

Факультет радиотехники и электроники

Кафедра РРС

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе по дисциплине:

«Аудиотехника»

на тему: «РАЗРАБОТКА ПОЛНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ»

КР 200700.18.ПЗ

|  |
| --- |
| Работу выполнил |
| студ. группы РТЭ 41-03 |
| Светлов М. В. |
| Работу проверил |
| Семенов А. И. |

Чебоксары 2007

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

Факультет радиотехники и электроники

Кафедра РРС

# ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине:

«Аудиотехника»

Студент Светлов М.В Группа РТЭ 41-03 .

Тема: Разработка усилителя мощности звуковой частоты

Разработать полный усилитель мощности на основе типовых узлов, выбираемых произвольно, и индивидуально заданных схем усилителей мощности с усилителями-корректорами АЧХ (усилитель монофонический). Конкретные параметры усилителей задаются индивидуально.

Разработать печатную плату одного из узлов усилителя.

Рассчитать источник питания.

Рассчитать радиаторы для выходных транзисторов.

Рассчитать и построить АЧХ усилителя-корректора.

Графический материал - 2-3 листа А1: электрическая принципиальная схема усилителя полностью, печатная плата, АЧХ, блок-схема усилителя.

В состав усилителя входят: усилитель мощности, регуляторы громкости и тембра, входной коммутатор на 5 входов, микрофонный усилитель, нормирующий усилитель, индикатор выходной мощности, источник питания, усилитель-корректор АЧХ, электрически не связанный с прочими узлами

Радиаторы выбираются на основе проведенного теплового расчета выходных транзисторов с учетом заданного допустимого перегрева транзисторов.

Усилители мощности допустимо питать от нестабилизированных схем с максимальной амплитудой пульсаций не более 5% от Unnr, маломощные цепи запитаны от дополнительных обмоток трансформатора через ИМС стабилизаторов напряжения.

|  |  |
| --- | --- |
| Исходные данные: | |
| Выходная мощность , Вт | 25 |
| Сопротивление нагрузки , Ом | 16 |
| Напряжение питания , В | 70 |
| Регулятор громкости | пассивный |
| Регулятор тембра | активный |

Задание выдано « » сентября 2007г.

Подпись руководителя Подпись студента\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ЗАДАНИЕ 2](#_Toc185519529)

[ГЛАВА 1 МИКРОФОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ 5](#_Toc185519530)

[ГЛАВА 2 УСИЛИТЕЛЬ КОРРЕКТОР 8](#_Toc185519531)

[ГЛАВА 3 ЭЛЕКТРОННЫЙ СЕЛЕКТОР НА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ 10](#_Toc185519532)

[ГЛАВА 4 НОРМИРУЮЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ 12](#_Toc185519533)

[ГЛАВА 5 РЕГУЛЯТОР ГРОМКОСТИ 14](#_Toc185519534)

[ГЛАВА 6 РЕГУЛЯТОР ТЕМБРА 17](#_Toc185519535)

[ГЛАВА 7 УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ 19](#_Toc185519536)

[ГЛАВА 8 ИНДИКАТОР ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ 22](#_Toc185519537)

[ГЛАВА 9 РАСЧТЕ РАДИАТОРОВ УМЗЧ 24](#_Toc185519538)

[ГЛАВА10 РАСЧЕТ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ 25](#_Toc185519539)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 29](#_Toc185519540)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 30](#_Toc185519541)

[ПРИЛОЖЕНИЯ 31](#_Toc185519542)

**ГЛАВА 1 МИКРОФОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

4

*КП200700.41.03*

Микрофонный усилитель предназначен для усиления слабых сигналов микрофо­на и его согласования с последующими каскадами. Коэффициент усиления этого ФУ выбирают таким, чтобы номинальный уровень сигнала на выходе был в преде­лах 200…400 мВ. При необходимости в микрофонный усилитель вводят частотную коррекцию, чтобы компенсировать неравномерность АЧХ используемого мик­рофона.

Особенностями микрофонного усилителя являются работа при малых уровнях входного сигнала (номинальная ЭДС, развиваемая разными типами микрофонов, составляет 0,1…0,8 мВ) и совместная работа с источником сигнала, имею­щим низкое внутреннее сопротивление (500 … 2000 Ом) которое остается постоянным в широком диапазоне рабочих частот. Основные сложности при раз­работке этого узла связаны с достижением низкого уровня собственных шумов и минимальных нелинейных искажений. Формирование необходимой АЧХ особых трудностей не представляет.

Собственные (внутренние) шумы применяемых в высококачественной звукотехнике электростатических (конденсаторных) и электродинамических (ленточ­ных) микрофонов незначительны. Так шумы электродинамических микрофонов очень малы и, как правило, не нормируются. Конденсаторные микрофоны имеют сравнительно более высокий уровень шумов, обычно указываемый в паспорте микрофона. Но даже у них уровень собственных шумов не превышает нескольких микровольт. Поэтому важно, чтобы собственные шумы микрофонного усили­теля были малы.

Как известно, чтобы достичь малого уровня шумов на выходе усилителя, не­обходимо уменьшать собственные шумы первого каскада и увеличивать полезный сигнал на его входе. Поскольку шумовые свойства усилительного каскада зависят от внутреннего сопротивления источников сигнала, при выборе режима работы транзистора в первом каскаде микрофонного усилителя необходимо учитывать внутреннее сопротивление микрофона.

По рекомендации Международной электротехнической комиссии номинальное входное сопротивление микрофонного усилителя, обеспечивающее наилучшее отношение сигнал-шум на его выходе, равно утроен­ному сопротивлению микрофона. В описанной далее конструкции входное со­противление усилителя равно 3,3 кОм, что является компромиссным решением для различных типов применяемых микрофонов.

Номинальный диапазон частот микрофонного усилителя с учетом АЧХ ис­пользуемого микрофона должен быть не хуже 20 Гц 20 кГц при неравномерности ±2 дБ. Невзвешенное значение отношения сигнал-шум достаточно иметь пример­но равным 60 дБ. Запас по перегрузочной способности (относительно номиналь­ной чувствительности) не следует делать менее 30 дБ.

Коэффициент гармоник в полосе частот не должен превышать 0,1…0,2%.

Автоматическая регулировка уси­ления, значительно сужающая динамический диапазон и используемая, как правило, в специальных усилителях (для усиления речи и т. п.) в рассматриваемом далее микрофонном усилителе не применяется.

Микрофонные усилители имеют следующие параметры:

*максимальное входное напряжение* [мВ] - наибольшее действующее значение синусоидального входного сигнала на частоте 1 кГц, при котором коэффициент гармоник выходного напряжения не превышает 0,5%;

*максимальное выходное напряжение* [В] - наибольшее действующее значение выходного напряжения на частоте 1 кГц при коэффициенте гармоник не более 0,5 %;

*перегрузочная способность* [дБ] - отношение максимального входного напряжения к номинальному входному;

*коэффициент гармоник* [%] - наибольшее значение коэффициента нелинейных искажений выходного сигнала, измеряемого в полосе частот 20…20 000 Гц при номинальном выходном напряжении;

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

*КП200700.41.03*

*отношение сигнал-шум* (невзвешенное) [дБ] - отношение действующего значения номинального напряжения выходного синусоидального сигнала к действующему значению напряжения шума на выходе усилителя (измеряется без взвешивающих фильтров);

*номинальный диапазон* [Гц] - диапазон частот, внутри которого нормированная АЧХ усилителя имеет неравномерность не более ±1,5 дБ.

Высококачественный микрофонный усилитель

Использование схемотехники опера­ционных усилителей при выполнении микро­фонного усилителя на дискретных элементах позволяет улучшить его параметры и достичь следующих основных технических характе­ристик:

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальное входное напряжение | 100 мВ |
| Максимальное выходное напряжение | 10 В |
| Коэффициент усиления | 100 |
| Перегрузочная способность не менее | 40 дБ |
| Коэффициент гармоник | не более 0,01 % |
| Отношение сигнал шум (невзвешенное) | 66 дБ |
| Номинальный диапазон частот | 20 - 20 000 Гц |
| Напряжение питания | ±15 В |
| Ток потребления | 10 мА |

Принципиальная схема высококачественного усилителя на рисунке 1

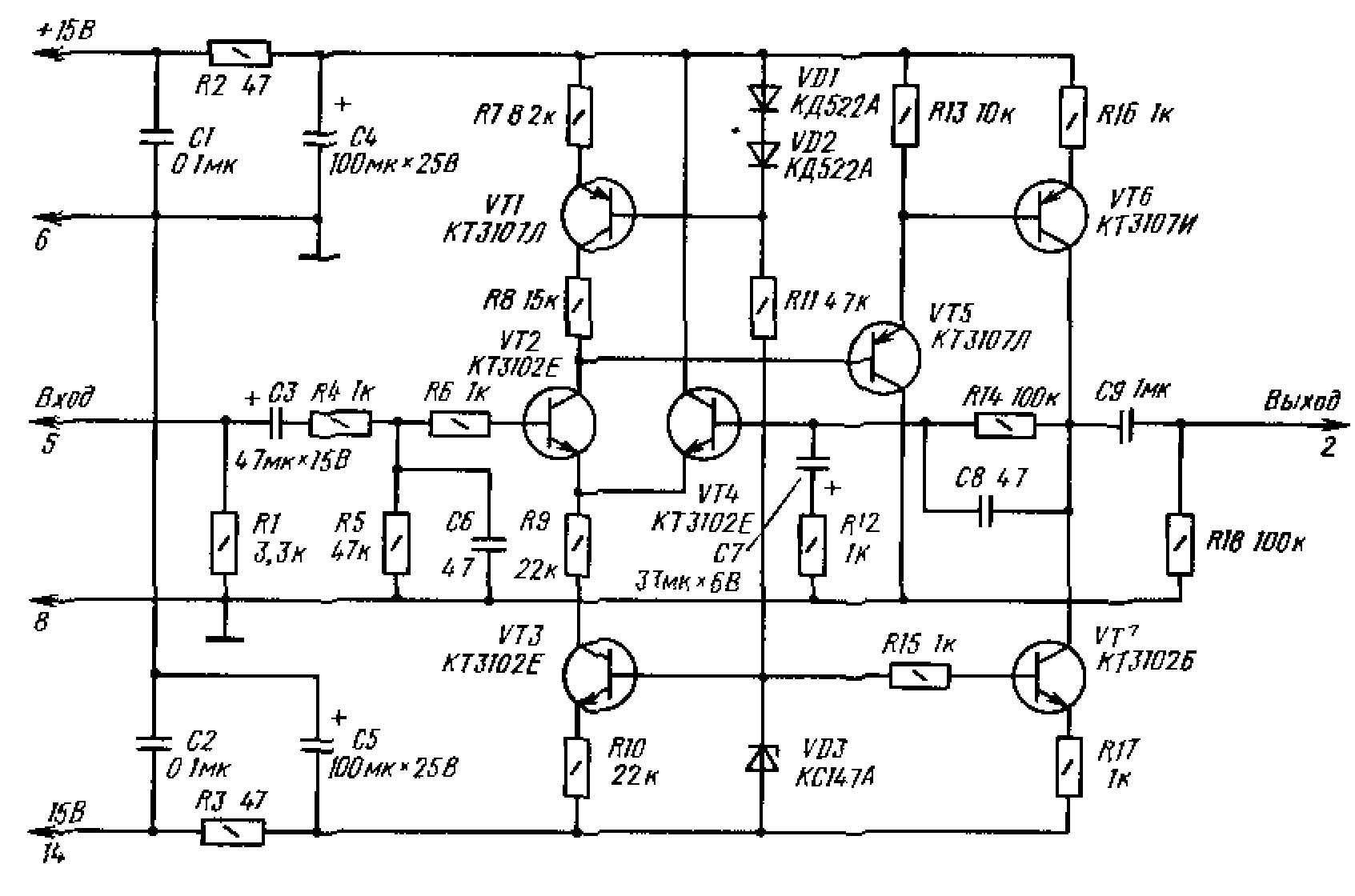


Рис. 1 Микрофонный усилитель.

Входной каскад выполнен по схеме дифференциального усилителя на транзисторах VT2, VT4. Чтобы получить минимальный уровень шума коллекторный ток транзисторов VT2, VT4 установлен примерно равным 100 мкА. Источник тока на транзисторе VT3 улучшает подавление фона и пульсаций источника питания и определяет оптимальный режим работы транзисторов VT2 VT4. Динамическая нагрузка на транзисторе VT1 обеспечивает максимальное усиление входного каскада. Согласующий каскад на транзисторе VT5 предотвращает пегрегрузку входного каскада. Выходной каскад на транзисторе VT6 работает в режиме А.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

6

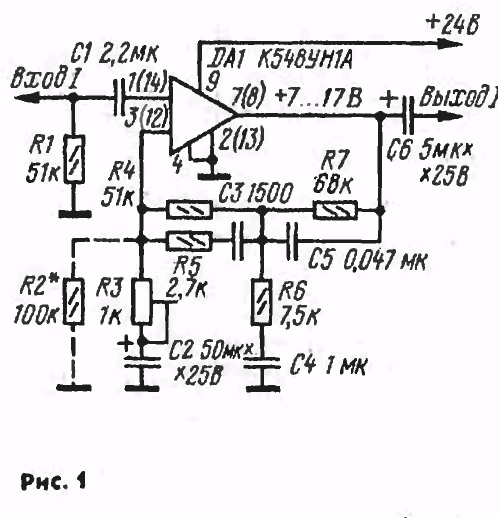
*КП200700.41.03*

Для того чтобы усиление было максимальным и улучшить линейность АЧХ в качестве нагрузки выходного каскада, используется источник тока на транзисторе VT7. Весь усилитель охвачен частотно-независимой в рабочем диапазоне частот ООС на элементах R12, С7, R14. Соотношение сопротивлении резисторов R14, R12 определяет коэффициент усиления микрофонного усилителя.

**ГЛАВА 2 УСИЛИТЕЛЬ КОРРЕКТОР**

Данный нормирующий усилитель обладает АЧХ, сформированной в соответствии с ГОСТ 7893—72 и стандартом RIAA—78. При использовании в частотозадающих це­пях элементов с допуском на номина­лы не более ±5 % отклонение от АЧХ. предусмотренной RIAA—78, не превышает 1 дБ.

Предусилитель-корректор выполнен на микросхеме К548УН1А (в скобках указаны номера выводов интегрального усилителя дру­гого канала) и отличается от него толь­ко целями коррекции. В корректоре использованы постоянные резисторы МЛТ-0,125 и подстроенный резистор СПЗ-9а. конденсаторы К50-6 (С2. С6), КМ-б (Cl. C4) и КМ 5 (остальные). Несколько слов о термостабильности применяемых элементов (в первую очередь это относится к конденсато­рам). Испытания показали, что при ис­пользовании конденсаторов группы H90 с повышением температуры от -20 до +40 Сo (получасовой нагрев в сушиль­ном шкафу) коэффициент усиления предусилителя- корректора на частоте I кГц увеличился на 0,5 дБ, а отклоне­ние его АЧХ от исходной в диапазоне звуковых частот не превысило 1.5 дБ. Это позволило сделать вывод, что для работы в данном устройстве подойдут любые конденсаторы с ненормируемым ТКМ вплоть до группы H90 (отклоне­ние АЧХ при изменении температуры в этом случае увеличится до 2...3 дБ). Питается он от выпрямители через простейший параметрический ста­билизатор, обеспечивающий выходное напряженно 24 В. Налаживание корректора сводится к проверке напряжения на выводах 7 (8) микросхемы DAI.



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

7

*КП200700*

Рис 2.

Расчет АЧХ усилителя-корректора.

Существует четыре основные частоты среза АЧХ усилителя-корректора, каждая из которых формируется своей RC-цепью.

Для данной схемы это будут элементы:

t1=R3C2=150Ом\*50мкФ=7500мкс

t2=R11C7=68кОм\*47нФ=3196мкс

t3=R12C7=7,5кОм\*47нФ=352мкс

t4=R3C4=51кОм\*1500=76,5мкс

Вычислим постоянные времени:









Согласно правила расчета коэффициента усиления для неинвертирующего усилителя получим:

Коэффициент усиления на частотах от f1 до f2:





Коэффициент усиления на частотах от f2 до f3:





По полученным результатам построим АЧХ:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

8

*КП200700*

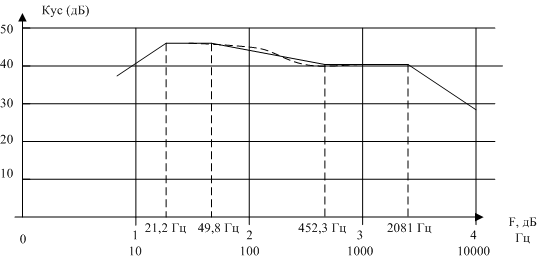


Рис. 3

**ГЛАВА 3 ЭЛЕКТРОННЫЙ СЕЛЕКТОР НА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ**

Рассматриваемый селектор позво­ляет подключать до пяти источников звуковых программ, его схема достаточно проста, но в то же время параметры селектора соответствуют требованиям, предъ­являемым к высококачественной аппаратуре. Принципиальная схема одного канала се­лектора входных сигналов приведена на рисунке 4. Он имеет следующие основные параметры:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

9

*КП200700*

|  |  |
| --- | --- |
| Число переключаемых входов | 5 |
| Максимальная амплитуда коммутируемого сигнала | 5В |
| Полоса пропускания по уровню ±0,5дБ | 10...70000Гц |
| Коэффициент гармоник в полосе частот 20..20 000 Гц | 0,1% |
| Напряжение питания | ±15В |
| Ток потребления | 15мА |

Сигнал с одной из розеток *XS1*-*XS5* по­ступает на переключатель аналоговых сиг­налов, выполненный на полевых транзисторах *VT1*-*VT5* и микросхеме *DA1*. Между входным соединителем *XS1* и транзистором *VT1* включен предусилитель-корректор А1 для магнитного звукоснимателя. Электронным селектором управляют с помощью механи­ческого переключателя *SA1*.

В основе работы селектора лежит свойство полевых транзисторов работать в режиме управляемого напряжением сопротивления. Чтобы подключить нужный источник сигнала (например, со входа «Универсальный»), затвор транзистора *VT5* соединяют с общим проводом, а на затворы остальных транзисторов *VT1*-*VT4* через резисторы *R23*-*R26* пода­ют напряжение -15 В.

Резисторы *R18*-*R22* и конденсаторы *С5*-*С9*, находящиеся в цепи управления селек­тором, вносят некоторую задержку включе­ния, исключающую коммутационные помехи. Входное сопротивление селектора, опреде­ляемое резисторами *R3****-****R7*, составляет 100 кОм.

Все стоки транзисторов соединены между собой и нагружены на резистор *R28* сопротивлением 1 МОм.

Сигнал, выбранный переключателем *SA1*, через конденсатор связи *С10* поступает на инвертирующий вход ОУ *DA1* с коэффициен­том передачи, равным единице (определяется соотношением сопротивлений резисторов *R29* и *R31*). Подключенный вход индицируется одним из пяти светодиодов *HL1*-*HL5*.

При испытании селектора на него необходимо подать напряжение питания от стабилизированного источника с напряжением ±15 В и током не менее 20 мА. Затем на любой вход, например на *XS5*, подают вход­ной сигнал с уровнем 200 мВ и частотой 1000 Гц. При этом сигнал на выходе селек­тора должен быть, только когда переключатель *SA1* находится в положении «5». При любых других положениях переключателя сигнал на выходе селектора должен отсутствовать. Аналогично проверяются осталь­ные входы.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

10

*КП200700*

Уровень входного сигнала частотой 1 000Гц, подаваемого на вход «Про­игрыватель», должен быть 2,4 мВ.

В качестве входных розеток можно исполь­зовать пятиконтактные штепсельные соединители ОНЦ ВГ-4-5/16-Р или ОНЦ КГ-4-5/16-Р, предназначенные для печатного монтажа. Для коммутации цепей управления можно применить любой галетный переключатель, например ПГ3 5П2Н.

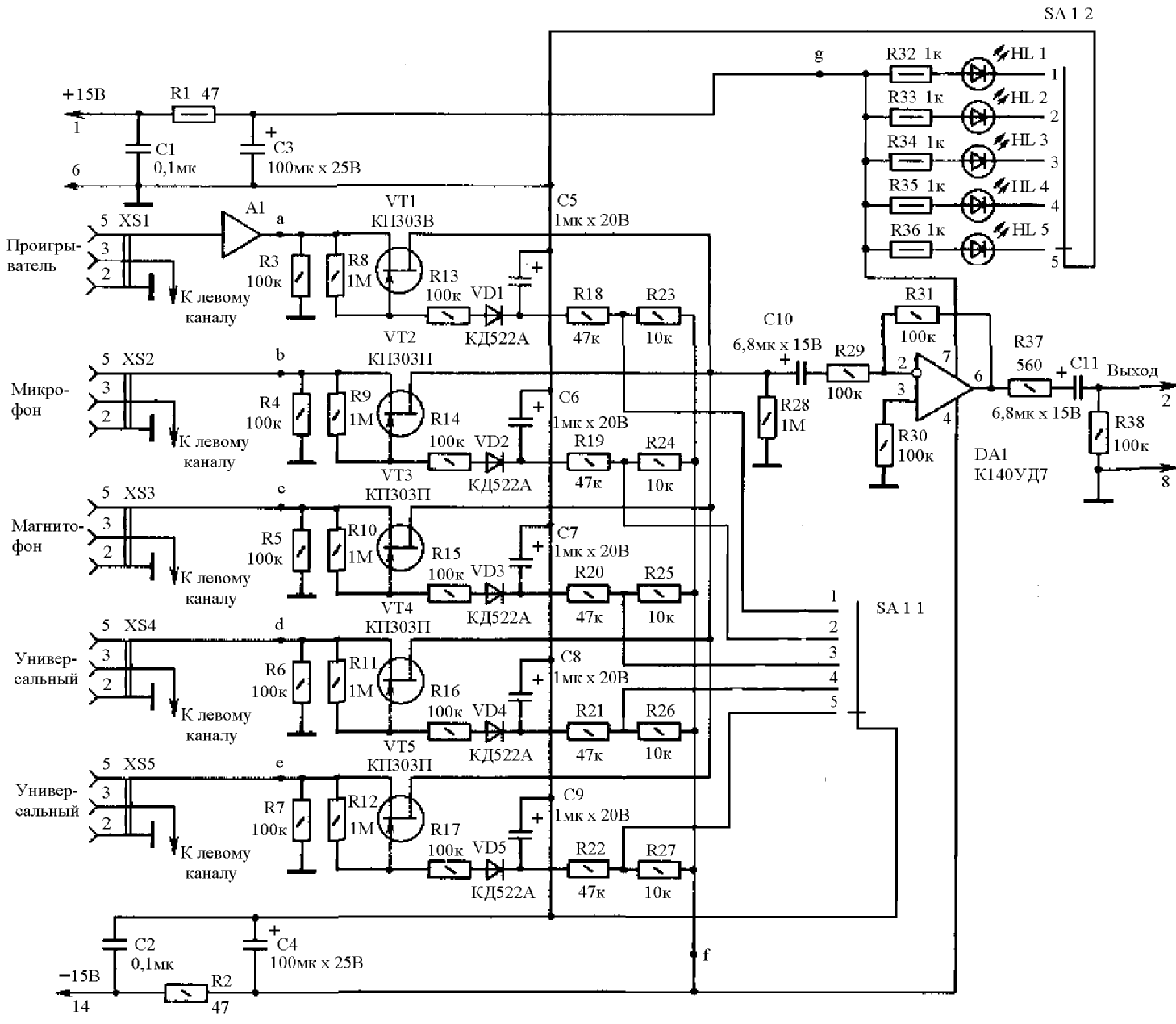


Рис. 4 - Принципиальная схема электронного селектора на полевых транзисторах

# ГЛАВА 4 НОРМИРУЮЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

11

*КП200700*

Номинальное выходное напряжение источников звуковых программ, таких как магнитофон или тюнер, составляет около 200 мВ. Таким же обычно делают и выходное напряжение микрофонного усилителя и предусилителя корректора. Проходя через цепи регулировок громкости и баланса, оно, как правило, несколько уменьшается. Вместе с тем номинальное входное напряжение таких уз­лов усилителя, как регуляторы тембра, квадрапреобразователи, усилители мощности, обычно выбирают около 800 мВ.

Для согласования источников звуковых программ со входами предвыходных и выходных каскадов усилителя 3Ч применяют нормирующие усилители. К основным его техническим показателям относятся входное и выходное сопротивления, коэффициент усиления, перегрузочная способность, линейные и нелинейные искажения, отношение сигнал-шум, динамический диапазон, стабиль­ность показателей. Нормирующий усилитель имеет плоскую АЧХ в диапазоне рабочих частот. Он часто является первым каска­дом в тракте усилителя 3Ч, поэтому его шумовые свойства существенно влияют на достижимый динамический диапазон всего усилителя в целом.

Как было отмечено, получить более качественные показатели при отсутствии специализированных микросхем можно, если собрать функциональные узлы усилителя *на* дискретных компонентах, основываясь на схемотехнике ОУ По схемам, описанным в предыдущих разделах, усилитель можно вы­полнить, изменив цепи ООС и нормируюшие усилители Здесь приведено описание еще одной схемы ОУ на дискретных ком понентах, использованной для нормирую­щего усилителя, обладающего следующими основными техническими характеристиками

|  |  |
| --- | --- |
| Входное номинальное напряжение | 0,1 В |
| Входное максимальное напряжение | *18В* |
| Выходное максимальное напряжение | 14 В |
| Перегрузочная способность неменее | 25 дБ |
| Коэффициент гармоник, не более | 0,01 *%* |
| Отношение сигнал шум (невзвешенное) | 78 дБ |
| Номинальный диапазон частот | 10 100000 Гц |
| Напряжение питания | ±24 В |
| Ток потребления | 15 мА |

Схема нормирующего усилителя, приведен­ная на рисунке 5, сложная, так как требуемые характеристики здесь достаточно высокие гармонические искажения гораздо ниже 0,01 % при выходном напряжении 14 В, что на 25 дБ выше номинального уровня.

Входной каскад усилителя состоит из диф­ференциального усилителя (на транзисторах VT2 и VT4), в котором для улучшения параметров используются источники тока на транзисторах VT1 и VT3. Коллекторный ток каскада оптимизирован, чтобы иметь хоро­шую шумовую характеристику. Кроме того, в качестве входных использованы транзис­торы структуры р-п-р типа, имеющие мень­шее объемное сопротивление базы по срав­нению с транзисторами структуры п-р-п. Эмиттерный повторитель на транзисторе VT5 согласует входной каскад с последующей частью узла.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

12

*КП200700*

Основное усиление обеспечивает каскад на транзисторе VT6, в котором, чтобы получить максимальное усиление при минималь­ных искажениях, применяется источник тока на транзисторе VT7. Выходной эмиттерный повторитель на транзисторе VT8 с активной нагрузкой на транзисторе VT9 устраняет влияние нагрузки на параметры нормирую­щего усилителя. Для улучшения темпера­турной стабильности узла в качестве образ­цов источников напряжения используются светодиоды HL1 и HL2. Диод VDI защищает конденсатор С6 от положительного напря­жения. Цепь ООС С6, R10, R11, охваты­вающая усилитель, обеспечивает его необ­ходимый коэффициент усиления. Конденса­торы С7 и С8 предотвращают самовозбуждение нормирующего усилителя.

Налаживание усилителя заключается в установке необходимого коэффициента уси­ления подбором резистора R10.

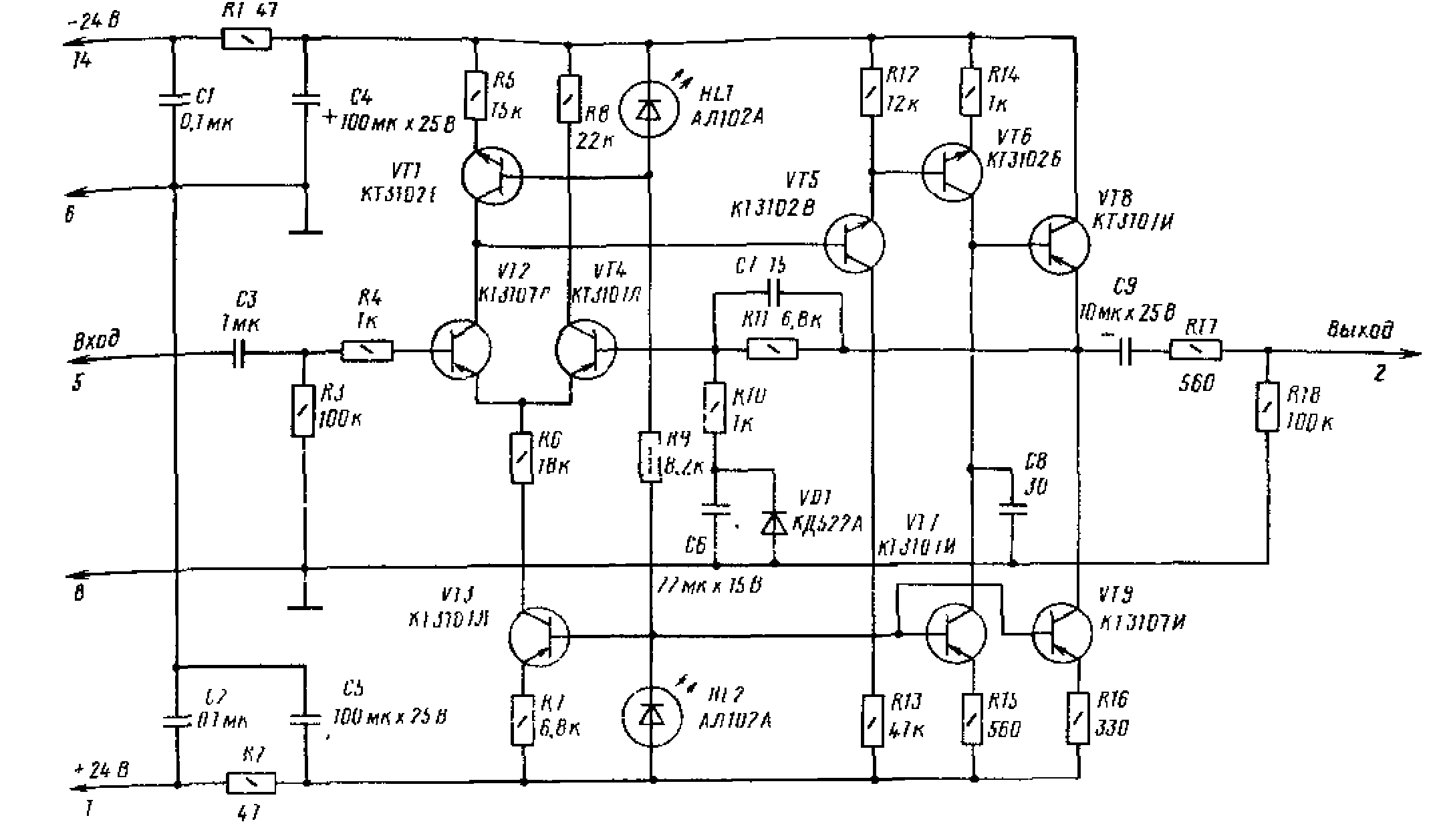


Рис. 5

# ГЛАВА 5 РЕГУЛЯТОР ГРОМКОСТИ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

*13*

*КП200700*

Для наиболее комфортного прослушивания, АЧХ регулятора громкости должна иметь вид, представленный на рисунке 6.

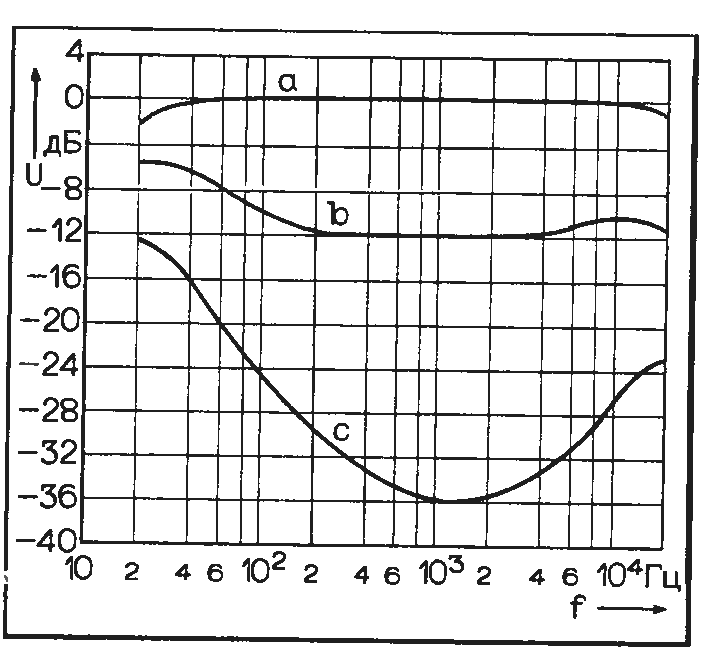


Рис. 6 АЧХ при трех положениях регуляторах громкости, a – максимальную, b – среднюю, c – минимальную.

Реализовать такие кривые электронно довольно сложно. При снижении уровня громкости, хуже воспринимаются НЧ и ВЧ составляющие звука (по кривым равной громкости). Частотно – зависимые регуляторы громкости выравнивают громкость звучания звуковой картины в соответствии с субъективными особенностями слуха человека.

Тон компенсацию почти во всех устройствах можно исключить, т.к. её применение не всегда оправдано, по причинам:

1. Для данного положения регулятора громкости и заданного им уровня тонкомпенсации, реальные уровни входного сигнала могут меняться.
2. Практическая реализация АЧХ отличается от желаемой по экономическим параметрам.
3. Нелинейные характеристики чувствительного слуха, теоретически требуют дополнительного сжатия сигнала, зависящего от его уровня.
4. Вносятся дополнительные фазовые искажения в сигнал
5. Для многих инструментов тембральная окраска меняется с уровнем громкости на них.

Пассивный цифровой регулятор громкости изображен на рисунке 7.

Регулятор используют совместно сселек­тором входных сигналов. Регулятор громкости состоит из элект­ронного переключателя на 32 положения и цифрового узла управления им. До­стоинством этого регулятора также является большая точность совпадения каналов, определяемая допуском резисторов делителя.

Цифровой регулятор громкости имеет следующие основные технические ха­рактеристики:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

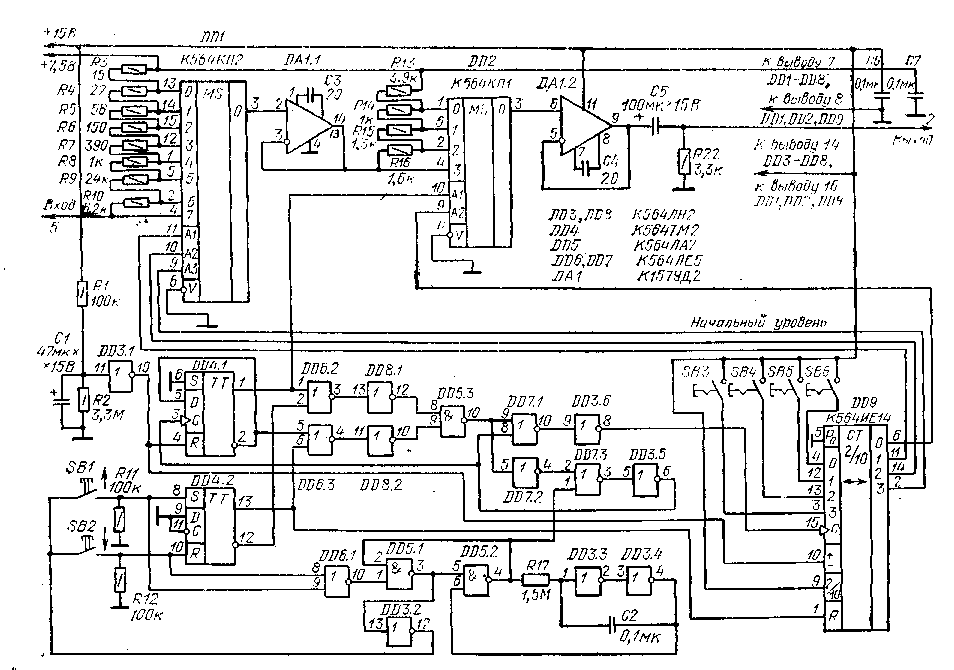
Лист

*14*

*КП200700*

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальное входное напряжение. | 200 мВ |
| Номинальное выходное напряжение. | 200 мВ |
| Максимальное входное напряжение. | 6 В |
| Глубина регулировки громкости. | 64 дБ |
| Напряжение питания. | 15 и 7,5 В |
| Ток потребления. | 30 мА |

Рис. 7. Принципиальная схема цифрового регулятора громкости



Собственно электронный переключатель выполнен на микросхемах *DD1, DD2* и *DA1.* Управляется он цифровой частью на микросхемах *DD3* — *DD9.* Пе­реключатель состоит из двух секций: одной (на микросхеме *DD2* и резисторах *R13* — *R16)* на четыре положения с шагом 2 дБ, второй (на микросхеме *DD1* и резисторах *R3* — *R10)* на восемь положений с шагом 8 дБ.

Между ним» установлен развязывающий усилитель на микросхеме *DA1.1* с коэффициентом передачи около 1. Такое построение позволяет создать переключатель на 32 положения, используя всего 12 резисторов делителя. Состояние секций пере­ключателя определяется пятиразрядным кодом, вырабатываемым цифровым узлом управления, собранным на микросхемах *DD3* — *DD9.*

Узел управления содержит задающий генератор (на элементах *DD 3,3, DD 3.4, DD 5.2),* вырабатывающий сигнал с частотой около 4 Гц, и реверсив­ный счетчик *(DD4.1, DD9),* вырабатывающий пятиразрядный код управления.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

*15*

*КП200700*

Элементы *DD6.2, DD6.3, DD8.1, DD 8.2, DD5.3, DD3.5, DD3.6, DD7.1 — DD 7.3* обеспечивают реверсирование счетчика и ограничение счета снизу и сверху. Элементы *DD6.1, DD 3.2, DD5.1, DD 5.2* необходимы, чтобы задающий генератор работал при нажатии любой из кнопок *SB1* или *SB2.* Триггер *DD4.2* устраняет дребезг их контактов. С помощью кнопок *SB3* — *SB6* дела­ют предварительную установку счетчика *DD9* и тем самым задают любой на­чальный уровень громкости. Элемент *DD 3.1* совместно с резисторами *Rl, R2* и конденсатором *С1* формирует импульс установки счетчика в нулевое состо­яние.

Особенностью регулятора является то, что при разомкнутых контактах кнопок *SB1* и *SB2* весь электронный переключатель находится в статическом положении и не вносит в усиливаемый аналоговый сигнал дополнительных по­мех. Это позволяет монтировать аналоговую и цифровую части регулятора на одной плате.

Узел управления общий для двух каналов. Стереобаланса добиваются из­менением усиления выходного каскада в селекторе входных сигналов. Если сделать цифровое управление раздельным для левого и право­го каналов, то баланс устанавливают раздельной регулировкой громкости.

Регулятор смонтирован на унифицированной монтажной плате с примене­нием переходных панелей для микросхем серии К564. В устройстве исполь­зованы резисторы МЛТ-0,25 (с точностью 5% в делителе и 10% — остальные) и конденсаторы КМ-4, КМ-5, К53-1. В качестве кнопок *SB1, SB2* можно при­менять переключатели без фиксации любого типа (например МП-3), вместо *SB3* — *SB6* — переключатели любого типа с фиксацией.

Учитывая сложность устройства, необходимо обратить внимание на пра­вильность монтажа. Для проверки работоспособности регулятора необходим стабилизированный источник питания с напряжением 15 В и током не менее 30 мА. Напряжение 7,5 В берется с селектора входных сигналов. Налаживание устройства состоит в попарном подборе резисторов делителя *R3 — R10* и *R13 — R16.*

**ГЛАВА 6 РЕГУЛЯТОР ТЕМБРА**

Регулятор тембра является, как правило, обязательным узлом совре­менного высококачественного устройства звуковоспроизведения. Основное его назначение — обеспечить такое регулирование АЧХ усилительного устройства, чтобы компенсировать частотные искажения, вызванные несовершенством акус­тических систем, или сформировать АЧХ под конкретную фонограмму с учетом акустических свойств помещения и дефектов записи фонограммы и тем самым восстановить естественный тембр звучания. Регулировка тембра звучания осно­вана на изменении АЧХ усилителя в определенной области частот. Коррекция АЧХ усилителя 34 достигается в основном с помощью цепей, содержащих кон­денсаторы и переменные резисторы и влияющих на АЧХ на краях рабочего диапазона частот.

В последнее время для регулировки АЧХ усилителя все чаще используют многополосные регуляторы тембра — эквалайзеры с LCR-элементами, которые позволяют изменить АЧХ на нескольких участках частотного диапазона. Точ­ность коррекции АЧХ усилителя обычно повышается при увеличении числа час­тотных полос, в которых происходит раздельная коррекция.

Для повышения плавности и глубины регулирования тембра , все чаще ис­пользуют активные элементы — транзисторы и ОУ, а также включают регулиру­ющие элементы в цепь ООС. В отличие от пассивных регуляторов (имеющих только цепи формирования АЧХ и согласующие каскады) активные регуляторы обеспечивают большее отношение сигнал — шум и больший диапазон регулиров­ки тембров примерно при том же количестве элементов.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

16

*КП200700*

Регулятор тембра на ОУ К153УД2 имеет следующие основные технические характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальное входное напряжение. | 0,15 В |
| Коэффициент передачи на частоте | 1 кГц - 15 дБ |
| Пределы регулирования тембра на частоте, Гц: |  |
| 100. | ±12 дБ |
| 10000. | ±13 дБ |
| Перегрузочная способность (относительно уровня 12 дБ), | не менее 10 дБ |
| Коэффициент гармоник в диапазоне частот 20... 20 000 Гц | не более 0,1% |
| Отношение сигнал-шум (невзвешенное), | не менее 70 дБ |
| Входное сопротивление. | 100 кОм |
| Выходное сопротивление. | 1 кОм |
| Напряжение питания. | ±15 В |
| Ток потребления. | 10 мА |

Такой активный регулятор тембра с RC мостом в цепи ООС (рис. 8), не­смотря на простоту, обеспечивает достаточную глубину изменения АЧХ усили­теля в области низших и высших частот. Пределы регулировки АЧХ на часто­тах 50 Гц и 15 кГц составляют около ±16 дБ. Наличие ОУ DA1 позволяет по­лучить коэффициент передачи напряжения регулятора больше единицы.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

17

*КП200700*

В поло­жении максимального подъема АЧХ в области низших и высших частот (ре­зисторы *R5* и *R3* в крайнем левом по схеме положении) АЧХ на частотая 350 Гц и 1,5 кГц имеет подъем на 3 дБ. Для обеспечения приведенных характе­ристик внутреннее сопротивление источника входного сигнала должно быть не более 1 кОм.

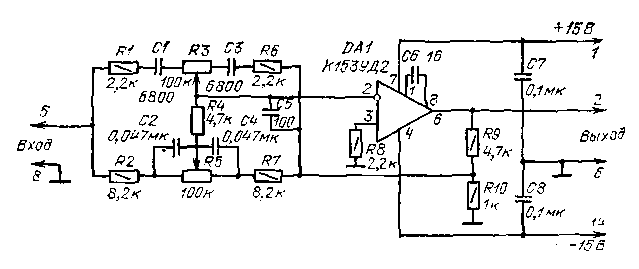


Рис. 8 Принципиальная схема регулятора тембра на ОУ 153УД2

Регулятор смонтирован на унифицированной монтажной плате методом объ­емного монтажа. Резисторы *R3, R5* могут быть любого типа с линейной зависимостью (типа А), остальные — МЛТ-0,25, конденсаторы — КМб. Кроме микро­схемы К153УД2 можно использовать К153УД1, К140УД7, К140УД8 и другие *Q* соответствующими цепями коррекции.

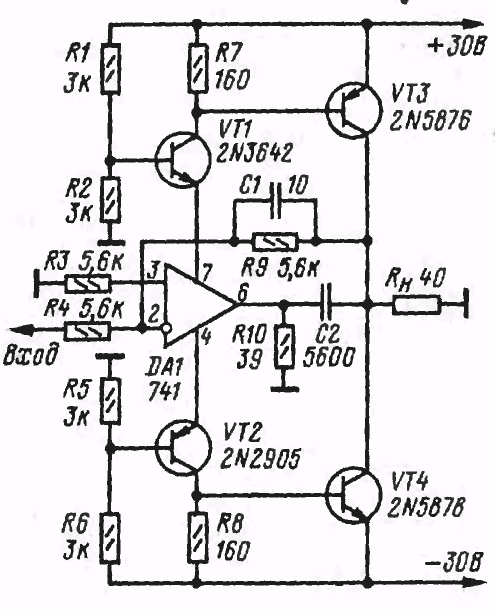
Для питания темброблока можно использовать любой стабилизированный Двухполярный источник напряжения ±15 В, обеспечивающий ток в нагрузке не менее 20 мА. Перед настройкой проверяют правильность монтажа схемы. Затем подбором конденсаторов *С5* и *С6* устраняют возможное самовозбуждение узла при крайних положениях регуляторов тембра.

**ГЛАВА 7 УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ**

Еще один пример построения усили­теля с высоким питающим напряжением показан на рис.9. Его коэффи­циент усиления — 10, амплитуда вы­ходного напряжения — 29,5 В, макси­мальная выходная мощность — 30 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом, коэффициент гармоник — 0,4 %, полоса пропускания по мощности — 30 кГц. Величину напряжения питания ОУ за­дают делители R1-R2 и R5-R6. Частотную коррекцию усилителя осуществляют конденсаторы Cl, C2. Высокая линей­ность усилителя гарантируется при равенстве сопротивлений резисторов R7 и R8 и подборе транзисторов VT3, VT4 с. близкими параметрами (параметры транзисторов VT1, VT2 на величину не­линейных искажений существенного влияния не оказывают). Недостаток усилителя — зависимость напряжения питания ОУ от стабильности общего питающего напряжения. Поэтому, если используется нестабилизированный источник, резисторы R2, R5 лучше заме­нить стабилитронами.

В усилителе использован принцип тем­пературной стабилизации тока покоя выходных транзисторов при помощи об­ратной связи по току. Элементы R6, R10, R12—R15, С2—С4 предотвращают самовозбужде­ние.

Усилители на ОУ, содержащие вы­ходные каскады усиления по напря­жению, имеют одну примечательную особенность. Известно, что скорость на­растания выходного напряжения прямопропорциональна его амплитуде, а поскольку последняя в К раз (К — коэффициент усиления выходного кас­када) больше амплитуды напряжения на выходе ОУ, то и скорость его на­растания в К раз превышает ско­рость нарастания напряжения па выходе ОУ. Казалось бы, что повышения скорости нарастания выходного напря­жения можно достигнуть, увеличивая коэффициент усиления каскада, однако делать это можно только до вполне определенной величины, пока сохра­няется устойчивость усилителя.



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

18

*КП200700*

Рис. 9

По заданию требуется рассчитать резистивные цепи усилителя, задающие режим работы и смещение на транзисторах для питающего однополярного напряжения 70В.

Преобразуем схему, используя следующие методы.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

19

*КП200700*

- Сопротивления R2, R5 на рис. 9, присоединенные к общему выводу, соединим вместе R6,R7 рис. 10

- Добавим блокирующую емкость к резистору R12

- Добавим и рассчитаем разделительные емкости на входе и выходе усилителя.

- Вывод схемы, который при двухполярном питании подключался к отрицательному выводу источника питания, подадим на отрицательный вывод однополярного источника питания.

- Поднимем вдвое, по сравнению с двухполярным питанием, напряжение источника.

- Добавим делитель напряжения и подключим к нему вывод 3 ОУ.

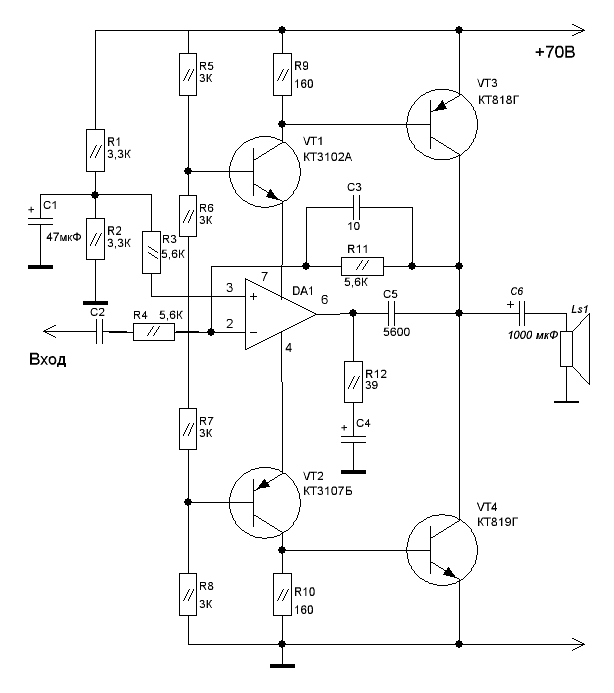


Рис. 10

Рассчитаем ток делителя R5-R6-R7-R8



После изменения питающего напряжения до значения 70В, ток делителя должен оставаться неизменным, поэтому пересчитаем сопротивления делителя.

 примем по ГОСТ 33 кОм.

Сопротивление каждого из резисторов будет равно Rд/4=7кОм. Примем R2 = R3 = R5 = R6 = 6,8 кОм по ГОСТ.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

20

*КП200700*

Разделительные емкости рассчитаем по формуле:

 примем по ГОСТ 4,7 мкФ

 примем по ГОСТ 1000 мкФ

Примем С4=10 мкФ

Ток делителя примем 10мА. Рассчитаем делитель напряжения R1,R2

, следовательно, R1=R2=7кОм/2=3,5 кОм. Примем по ГОСТ R1=R2=3,3 кОм.

# ГЛАВА 8 ИНДИКАТОР ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ

Контроль уровня сигналов звукового тракта имеет важное значение для получения высококачественного воспроизведения. Большое внимание этому уделяют, например, в магнитной звукозаписи, где сигнал должен иметь оптимальное значение. Если он будет больше, резко возрастают нелинейные искажения, если меньше - ухудшается отношение сигнал-шум. Необходимость контроля уровня выходных сигналов высококачественных усилителей также не вызывает сомнений, поскольку это значительно облегчает балансировку каналов и предотвращает перегрузку усилителей и акустических систем (а значит, и возрастание нелинейных искажений и возможный выход из строя динамических головок).

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

21

*КП200700*

Основными параметрами измерителей уровня являются время интеграции и время обратного хода. Время интеграции определяет, насколько правильно ото­бражает измеритель реальный уровень сигнала в данный момент. Чем меньше время интеграции, тем лучше реагирует измеритель на мгновенные изменения уровня сигнала. Время обратного хода, наоборот, выбирают достаточно большим в пределах 1...3 с, что позволяет отслеживать за изменениями среднего уровня сигнала и исключает утомляемость от мелькания отображающих элементов (стрелки измерителя или светодиодов).

В бытовой аппаратуре для контроля уровня широкое распространение получили измерители уровня средних значений (как говорит само название, они измеряют среднее значение сигнала). За рубежом аналогичные измерители называются волюметрами. Основным недостатком таких измерителей является большое время интеграции (около 200 мс), что не позволяет регистрировать кратковременные изменения уровня сигнала.

Реальная звуковая программа имеет ярко выраженный импульсный характер и часто содержит сигналы с длительностью значительно меньше чем 200 мс. Поэтому для исключения перегрузок и более точной регистрации пиковых уровней ГОСТ 21186-75 рекомендует квазипиковые измерители уровня с временем интеграции 5 мс. Иногда также применяют измерители с временем интеграции 60 мс.

В качестве отображающих элементов в измерителях уровня до недавнего времени использовались в основном стрелочные приборы. В настоящее время все чаще применяют газоразрядные, люминесцентные и светодиодные индика­торы. По сравнению со стрелочными такие индикаторы практически безынерционны и позволяют регистрировать кратковременное превышение допустимого значения уровня выходного сигнала.

Рассмотрим индикатор на 8 диодах.

Измеритель (рисунок 11) имеет следующие основные технические характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
| Число индицируемых уровней | 8 |
| Время интеграции | 60 мс |
| Время обратного хода | 1,7 с |
| Диапазон индицируемых уровней | (0,14-5)В |
| Напряжение питания | 5 В |
| Ток потребления (при свечении восьми светодиодов) | 100 мА |

Здесь транзисторы VTl—VT8 формируют первоначальный логический уровень для работы микро­схем DD1, DD2. Один из входов логических элементов 2И-НЕ соединяется таким обра­зом, что появление напряжения низкого уровня (лог 0) на одном выходе автома­тически поддерживает напряжение низкого логического уровня на выходах всех предыдущих логических элементов.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

22

*КП200700*

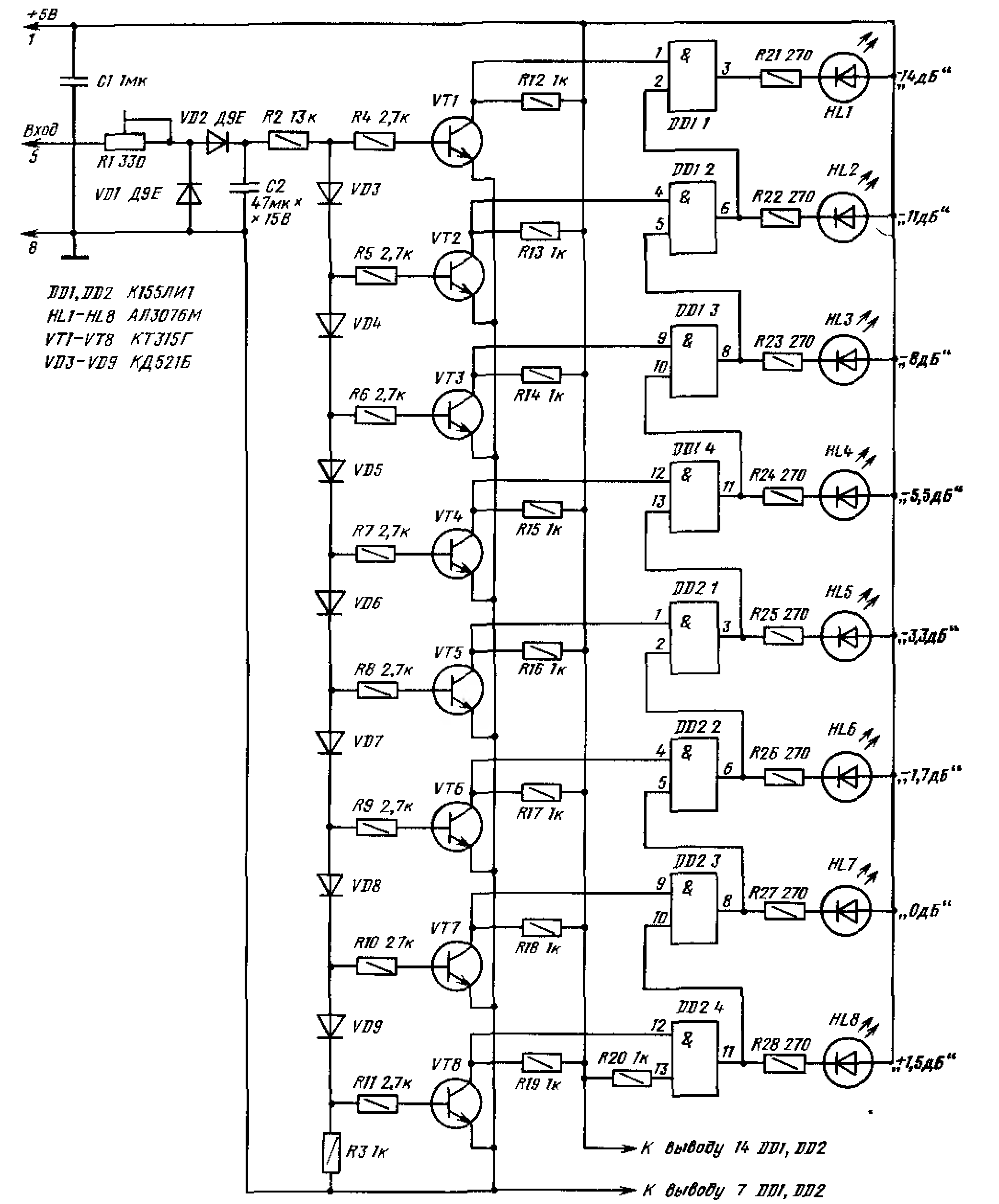


Рис. 11 Индикатор выходной мощности.

# ГЛАВА 9 РАСЧТЕ РАДИАТОРОВ УМЗЧ

Мощность, рассеиваемая каждым выходным транзистором КТ818 и КТ819, составляет 50% от суммарной рассеиваемой мощности – 12,5 Вт.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

23

*КП200700.42.02*

Из табл. 6.5 [3]: *ТПmax* = 125°С, *RПK* = 1,8°С/Вт, *RKP — 0,5*°С/Вт.

Радиатор из пластины толщиной 5 мм.

Выберем крепление транзисторов прижимом на винтах с пастой. Тогда, в соответствии с табл. 6.3:

*RKP* = 0,5 • 0,5 = 0,25С/Вт, т.к. *к =* 0,5.

Тепловое сопротивление переход-радиатор

*Rnp = RnK + RKP =* = 1,8 + 0,25=2,05С/Вт.

Предельно допустимая температура радиаторов



Допустимый перегрев радиатора:





Из соображений надежности выберем = 50°С. Рассеиваемая радиатором мощность

*RPC* = */Р* = 50/12,5 = 4 С/Вт.

Тепловое сопротивление равностороннего радиатора из пластины

*RРС* = *R1 + R2* = 4°С/Вт,

где *Rt* = 475/0,945S для вертикальной установки радиатора;

*R2=* *0,25/d =* 0,25/0,5 = 0,5°С/Вт.

Откуда площадь радиатора *S* равна:

*S* = 475/(0,94\*(4 - 0,5)) = 143,61 см2.

# ГЛАВА10 РАСЧЕТ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

24

Трансформатор

Зададимся исходными данными для расчетов источника питания:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Потребитель | Напряжение питания, В | Потребляемый ток, А |
| 1 | Микрофонный усилитель | ±15 | 0,01 |
| 2 | Электронный селектор | ±15 | 0,015 |
| 3 | Нормирующий усилитель | ±25 | 0,015 |
| 4 | Регулятор громкости | +15,+7,5 | 0,01 |
| 5 | Регулятор тембра | ±15 | 0,01 |
| 6 | Индикатор уровня | +5 | 0,1 |
| 7 | Усилитель мощности | +70 | 1,65 |

Воспользуемся справочными данными из книги Терещук Р. М., Терещук К. М. Полупроводниковые приемо-усилительные устройства.

Методика определения включает следующие формулы:

 - ЭДС в витке.

 - число витков.

 - коэффициент трансформации.

- диаметр провода обмотки.

 - число витков в слое обмотки.

Параметры трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
| Тип | ПЛМ (броневой) |
| Материал пластин | сталь 3421 |
| Толщина пластин магнитопровода | 5 мм |
| Толщина материала каркаса | 2 мм |
| Толщина изоляции между слоями | 0,1 мм |
| Толщина изоляции между обмотками | 0,5 мм |
| Ширина катушки с обмотками | 30 мм |
| Магнитопровод | ПЛМ25х40х36 |
| Амплитуда магнитной индукции в магнитопроводе | 1.41 T |
| Плотность тока в обмотках | 5.8 A/мм2 |











|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  обм. | Напряжение  на обм.,  В | Ток в  обм  А | Число  витк.обм  штук | Рассчетный  диам.пров  обм., мм | Реальный  диам.пров  обм., мм | Число  слоев  обм.,шт | Заполн  обм.,  % |
| 1 | 220 | 0.111 | 668 | 0.156 | 0.160 | 5 | 6,4 |
| 2 | 15х2 | 0.01 | 47\*2 | 0.046 | 0.1 | 0,25\*2 | 4,4 |
| 3 | 25х2 | 0.015 | 78\*2 | 0.066 | 0.1 | 0,4\*2 | 4,4 |
| 4 | 15 | 0.035 | 47 | 0.087 | 0.1 | 0,25 | 2,1 |
| 5 | 7,5 | 0.01 | 24 | 0.058 | 0.1 | 0,12 | 2,2 |
| 6 | 70 | 1.65 | 218 | 0.6 | 0.7 | 6 | 2,1 |
| 7 | 5 | 0.1 | 16 | 0.14 | 0.17 | 0.1 |  |

Расчет мостовых выпрямителей.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

25

**Для второй обмотки**:

Выпрямленные напряжение и ток.



Действующие значения напряжения и тока равны соответственно:





Обратное напряжение



Амплитудное значение тока



Подбираем соответственно диодный мост КЦ405Ж.

**Для третьей обмотки**:

Выпрямленные напряжение и ток.



Действующие значения напряжения и тока равны соответственно:





Обратное напряжение



Амплитудное значение тока



Подбираем соответственно диодный мост КЦ405Ж.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

26

**Для четвертой обмотки**:

Выпрямленные напряжение и ток.



Действующие значения напряжения и тока равны соответственно:





Обратное напряжение



Амплитудное значение тока



Подбираем соответственно диодный мост КЦ405Ж.

**Для пятой обмотки**:

Выпрямленные напряжение и ток.



Действующие значения напряжения и тока равны соответственно:





Обратное напряжение



Амплитудное значение тока



Подбираем соответственно диодный мост КЦ405Ж.

**Для шестой обмотки**:

Выпрямленные напряжение и ток.



Действующие значения напряжения и тока равны соответственно:





Обратное напряжение



Амплитудное значение тока



Подбираем соответственно диоды Д245Б.

Для фильтрации выпрямленного напряжения используем 2 последовательно соединенных конденсатора ГОСТ К50-35 10000мкф х 63В. Использование двух конденсаторов необходимо для обеспечения максимально допустимого значения прямого и обратного напряжения более 100В.

**Для седьмой обмотки**:

Выпрямленные напряжение и ток.



Действующие значения напряжения и тока равны соответственно:





Обратное напряжение

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

27



Амплитудное значение тока



Подбираем соответственно диодный мост КЦ405Ж.

Для фильтрации выпрямленного напряжения всех напряжений, кроме 70В, применим конденсаторы ГОСТ К50-35 4700мкф х 50В.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта был рассчитан усилитель мощности, усилитель-корректор, источник питания и разработаны теплоотводы. Составлена общая принципиальная схема полной системы воспроизведения звуковой частоты. Разработана печатная плата для схемы микрофонного усилителя.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Горюнов Н. Н. «Полупроводниковые приборы. Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы», справочник, Москва, Энергоатомиздат, 1983г.

2. Горюнов Н. Н. «Полупроводниковые приборы. Транзисторы», справочник, Москва, Энергоатомиздат, 1985г.

3. Петров А.А. «Звуковая схемотехника для радиолюбителей» / Под ред. С.М. Янковского. – СПб.: Наука и Техника, 2003. – 400 с.: ил.

4. Семенов А.И. «Аудиотехника», курс лекций.

5. Шкритек П. «Справочное руководство по звуковой схемотехнике » Москва, Изд. Мир 1991г.

# ПРИЛОЖЕНИЯ