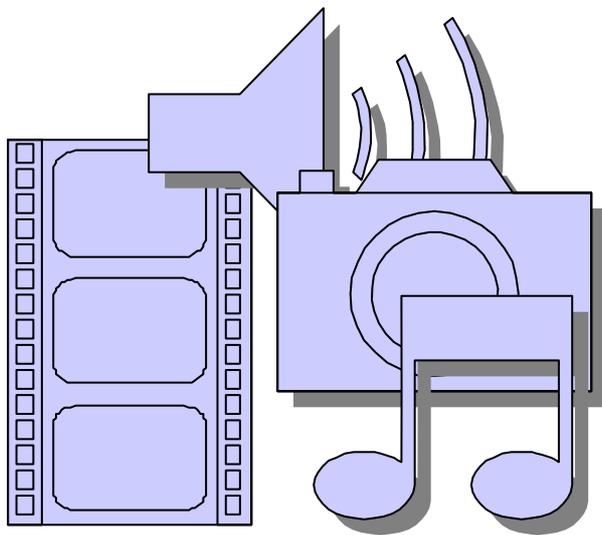


АУДИОВИДЕОТЕХНИКА

Часть I

АУДИОТЕХНИКА



Издательство ТГТУ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Тамбовский государственный технический университет"

АУДИОВИДЕОТЕХНИКА

Часть I

АУДИОТЕХНИКА

Методические указания
для студентов специальности 210201
"Проектирование и технология радиоэлектронных средств"



Тамбов
Издательство ТГТУ
2006

УДК 621.399
ББК 32.882
А93

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
М.М. Мордасов

Составитель

А.А. Зотов

А93 Аудиовидеотехника. Ч. 1: Аудиотехника: Метод. указания / Сост. А.А. Зогов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. 32 с.

Рассмотрены принципы магнитной записи и воспроизведения, классификация аудиомгнитофонов, их структурные схемы и основные блоки: усилители, генераторы токов стирания и подмагничивания, индикаторы уровня, системы шумоподавления.

Методические указания предназначены для студентов специальности 210201 – Проектирование и технология радиоэлектронных средств при проведении лабораторных работ, курсовом проектировании и самостоятельном изучении курса "Аудиовидеотехника".

УДК 621.399
ББК 32.882

© Тамбовский государственный
технический университет (ТГТУ), 2006

Учебное издание

АУДИОВИДЕОТЕХНИКА

Часть I

АУДИОТЕХНИКА

Методические указания

Составитель
ЗОТОВ Алексей Алексеевич

Редактор Т.М. Глинкина
Компьютерное макетирование Е.В. Кораблевой

Подписано к печати 05.05.2006
Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84/16. Бумага газетная.
Печать офсетная. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 1,8 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. С. 245

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Магнитофоны представляют собой электромеханические аппараты, предназначенные для записи информации на магнитную ленту и ее воспроизведения. При изучении первой части курса "Аудиовидеотехника" студенты должны усвоить принципы функционирования и устройство основных узлов магнитофонов, иметь навыки чтения их принципиальных схем и по представленным принципиальным схемам составлять структурные схемы.

В процессе работы над методическими указаниями постоянную помощь оказывали С.А. Максимов, Д.Г. Поляков, Т.В. Белова.

1 АУДИОТЕХНИКА

Общие сведения. Передача по радио различных информационных сообщений называется *радиовещанием*.

Радиовещание располагает значительными техническими средствами: специализированными передающими и приемными устройствами с амплитудной (АМ) и частотной (ЧМ) модуляцией, помещениями для радиопередач – радиостудиями, широкополосными каналами связи и высококачественной *электроакустической аппаратурой* (микрофоны, громкоговорители, звукосниматели и т.п.).

Радиовещательная техника использует также различные виды записи и воспроизведения звука, позволяющие расширить ее возможности, что требует улучшения низкочастотного и акустического трактов приемных устройств.

Звуком называются механические колебания частиц упругой среды, (воздух, вода, металл и т.п.), субъективно воспринимаемые органом слуха. Звуковые ощущения вызываются колебаниями среды, происходящими в диапазоне частот от 16 до 20 000 Гц. Колебания с частотами ниже этого диапазона называются *инфразвуком*, выше – *ультразвуком*.

Наука, изучающая звук, называется акустикой.

Акустика. Силовые характеристики и единицы звука. *Звуковое давление* – переменное давление в среде, обусловленное распространением в ней звуковых волн. Величина звукового давления P оценивается силой действия звуковой волны на единицу площади и выражается в ньютонах на квадратный метр ($1 \text{ Н/м}^2 = 10 \text{ бар}$).

Уровень звукового давления – отношение единицы звукового давления P к нулевому уровню, за который принято звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$.

Скорость звука зависит от физических свойств среды, в которой распространяются механические колебания. Так, скорость звука в воздухе равна 344 м/с (при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$), в воде 1481 м/с (при $t = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$), в дереве 3320 м/с, в стали 5000 м/с.

Сила звука (интенсивность) – количество звуковой энергии, проходящей за единицу времени через единицу площади; измеряется в ваттах на квадратный метр (Вт/м^2). Следует отметить, что звуковое давление и сила звука связаны между собой квадратичной зависимостью, т.е. при увеличении звукового давления в 2 раза сила звука возрастает в 4 раза.

Уровень силы звука – отношение силы данного звука I к нулевому (стандартному) уровню, за который принята сила звука $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$, выраженное в децибелах

$$N = 10 \lg \frac{I}{I_0}.$$

Уровни звукового давления и силы звука, выраженные в децибелах, совпадают по величине.

Порог слышимости – наиболее тихий звук, который еще способен слышать человек на частоте 1000 Гц, что соответствует звуковому давлению $2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$.

Громкость звука – интенсивность звукового ощущения, вызванная данным звуком у человека с нормальным слухом. Громкость зависит от силы звука и его частоты, изменяется пропорционально логарифму силы звука и выражается количеством децибел, на которое данный звук превышает по интенсивности звук, принятый за порог слышимости. Единица измерения громкости – *фон*.

Порог болевого ощущения – звуковое давление или сила звука, воспринимаемые как болевое ощущение. Порог болевого ощущения мало зависит от частоты и наступает при звуковом давлении порядка 50 Н/м^2 .

Динамический диапазон – диапазон громкостей звука, или разность уровней звукового давления самого громкого и самого тихого звуков, выраженная в децибелах, т.е. отношение максимальной интенсивности к минимальной. Динамический диапазон диктора 25...35 дБ, симфонического оркестра – в пределах 65...75 дБ.

Пространственные характеристики.

Дифракция – отклонение от прямолинейного распространения звуковых волн.

Рефракция – изменение направления распространения звуковых волн, вызванное различиями в скорости на разных участках пути.

Интерференция – сложение волн одинаковой длины, приходящих в данную точку пространства по нескольким различным путям, вследствие чего амплитуда результирующей волны в разных точках оказывается различной, причем максимумы и минимумы этой амплитуды чередуются между собой.

Битения – интерференция двух звуковых колебаний, мало отличающихся по частоте. Амплитуда возникающих при этом колебаний периодически увеличивается или уменьшается во времени с частотой, равной разности частот интерферирующих колебаний.

Реверберация – остаточное "послезвучание" в закрытых помещениях. Образуется вследствие многократного отражения от поверхностей и одновременного поглощения звуковых волн. Реверберация характеризуется промежутком времени (в секундах), в течение которого сила звука уменьшается на 60 дБ.

Тональные характеристики звука. Тон – синусоидальное звуковое колебание. Высота тона определяется частотой звуковых колебаний и растет с увеличением частоты.

Основной тон – наиболее низкий тон, создаваемый источником звука.

Обертоны – все тоны, кроме основного, создаваемые источником звука. Если частоты обертонов в целое число раз больше частоты основного тона, то их называют гармоническими обертонами (гармониками).

Тембр – "окраска" звука, которая определяется количеством, частотой и интенсивностью обертонов.

Комбинационные тоны – дополнительные тоны, возникающие вследствие нелинейности амплитудной характеристики усилителей и источников звука. Комбинационные тоны появляются при воздействии на систему двух или большего числа колебаний с различными частотами. Частота комбинационных тонов равна сумме и разности основных тонов и их гармоник.

Интервал – отношение частот двух сравниваемых звуков. Наименьший различимый интервал между двумя соседними по частоте музыкальными звуками (каждый музыкальный звук имеет строго определенную частоту) называется *полутоном*, а интервал частот с отношением 2:1 – *октавой* (музыкальная октава состоит из 12 полутонов); интервал с отношением 10:1 называется *декадой*.

Характеристики восприимчивости звука. Наибольшая чувствительность уха к различным по частоте звуковым колебаниям лежит в диапазоне частот от 1000 до 3000 Гц.

Громкость звука растет пропорционально не интенсивности звука, а логарифму интенсивности звука, и выражается в логарифмических единицах – *децибелах*.

Разборчивость речи (артикуляция) зависит от полосы пропускания звуковых частот звуковоспроизводящей установки. Удовлетворительная разборчивость ограничена частотами от 50 до 4000 Гц.

Бинауральный (двуухинный) эффект – способность уха определять направление на источник звука. Звуковая волна на одно и другое ухо воздействует с различной фазой и амплитудой. Амплитудные различия заметны на верхних звуковых частотах – выше 3000...5000 Гц; фазовые различия проявляются на нижних частотах – ниже 1500...2000 Гц.

Тембр звука – сочетание различных по частоте и интенсивности звуков, непрерывно изменяющихся в процессе звучания. Для сохранения тембровой окраски и интенсивности звучания звуковоспроизводящая установка должна пропускать полосу звуковых частот от 30 до 16 000 Гц.

Диапазон основных звуковых частот речи от 70 до 1500 Гц с обертонами – до 5000...8000 Гц.

2 МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

Магнитофоны делятся на профессиональные (студийные, репортажные), специальные, используемые в производстве и научных работах, и бытовые. Упрощенная структурная схема магнитофона представлена на рис. 2.1. В состав схемы входят: усилитель, генератор стирания и подмагничивания (ГСП), магнитные головки стирания (ГС) и универсальная (ГУ), индикатор уровня записи.

При *записи* ток звуковой частоты с микрофона или другого источника через контакты переключателя "Запись – воспроизведение" поступает на усилитель. Усиленный до требуемого уровня сигнал через другие пары контактов переключателя подается на универсальную головку ГУ. Возникающее в головке магнитное поле намагничивает ленту, движущуюся мимо головки с помощью лентопротяжного механизма (ЛПМ). Одновременно для подмагничивания ленты к универсальной головке подводится напряжение высокой частоты тока стирания и подмагничивания с генератора стирания и подмагничивания (ГСП), включаемого тем же переключателем. Подготовка ленты к записи, т.е. стирание ранее сделанных на ней записей, осуществляется стирающей головкой ГС, на которую с ГСП поступает напряжение высокой частоты. Уровень записываемого сигнала контролируется по индикатору, подключенному к выходу усилителя.

При *воспроизведении* записи переключатель "Запись – воспроизведение" ставится в положение "Воспроизведение". Ток звуковой частоты, наводимый в универсальной головке движущейся лентой, подводится через

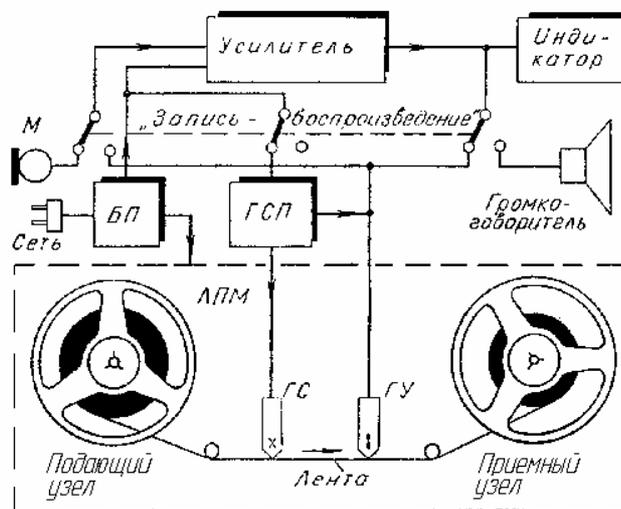


Рис. 2.1 Упрощенная структурная схема бытового магнитофона

контакты переключателя к усилителю, усиливается и через другую пару контактов подается на громкоговоритель.

Принцип магнитной записи. При *записи* ток звуковой частоты с выхода усилителя подводится к универсальной головке. Головка представляет собой железный сердечник с узким зазором, в котором помещена обмотка из тонкого провода. К клеммам обмотки и подводится ток с выхода усилителя. В результате в сердечнике возникает магнитное поле (рис. 2.2), силовые линии которого в области зазора выходят из сердечника, при этом образуется так называемое *поле рассеяния*. Этим полем намагничивается движущаяся мимо головки магнитная лента (рис. 2.3).

Ток звуковой частоты представляет сумму токов разных частот – низких, средних, высоких. Индуктивное сопротивление обмотки головки для токов этих частот различно, т.е. низкое для токов низких частот, высокое для высоких. Поэтому напряженность записываемого поля, следовательно, записанный на ленте сигнал, будет иметь заниженный уровень низких частот по отношению к более высоким.

Воспроизведение магнитной записи. Намагниченная головкой лента представляется как цепочка небольших "магнитиков", длина которых определяется полупериодом колебания тока в головке и скоростью движения ленты. Для постоянного периода тока длина "магнитиков" при большой скорости будет больше, а при меньшей – меньше.

В режиме воспроизведения, когда лента с записью движется перед зазором, в обмотке головки наводится напряжение. Чем интенсивнее силовые линии магнитного поля ленты ("магнитиков"), замыкающихся через сердечник головки, тем больше напряжение в обмотке головки. Если длина "магнитиков" оказывается меньше ширины зазора, то силовые линии их

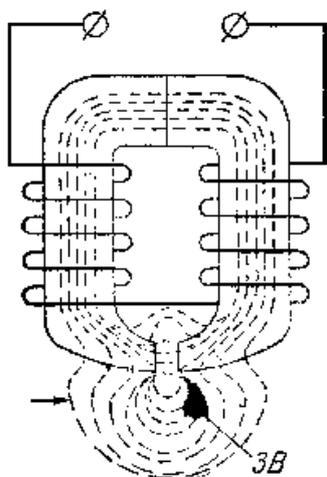


Рис. 2.2 Магнитное поле головки

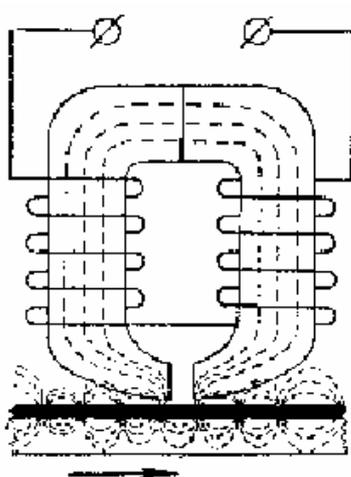


Рис. 2.3 Магнитное поле ленты

поля не замыкается через сердечник и сигнал не записывается, тем самым определяется верхний предел воспроизводимых частот. Расширение предела достигается применением головок с узким зазором (2...3 мкм).

Классификация магнитофонов. В соответствии с ГОСТ 24863–87 "Магнитофоны бытовые" все бытовые магнитофоны (катушечные и кассетные) в зависимости от основных параметров и выполняемых функций подразделяются на пять групп сложности: 0-я (высшая), 1-я, 2-я, 3-я и 4-я; в зависимости от условий эксплуатации – на стационарные и носимые. Стационарные магнитофоны предназначены для работы в жилых помещениях, носимые – на открытом воздухе, во время переносов и перевозок.

По способу питания магнитофоны делятся на сетевые, с питанием от автономных источников и с универсальным питанием; по количеству каналов – на монофонические и стереофонические; по количеству рабочих скоростей – на одно-, двух- и трехскоростные; по количеству дорожек записи – на одно-, двух-, четырех- и многодорожечные.

Запись в магнитофоне осуществляется с микрофона, электропроигрывателя, радиоприемника, телевизора, радиотрансляционной сети и с другого магнитофона.

Разновидностью магнитофонов являются:

диктофон – аппарат для записи речи с целью ее стенографирования;

магнитофонная приставка (панель) – для использования совместно с другими радиоэлектронными аппаратами (панель не имеет в своем составе усилителя мощности и акустической системы);

магнитола – магнитофонная приставка, смонтированная вместе с радиовещательным приемником.

магниторадиола – магнитола, имеющая в своем составе, кроме радиоприемника и магнитофонной панели, электропроигрывающее устройство для воспроизведения записи с грампластинок и перезаписи ее на магнитную ленту.

Основные параметры магнитофонов. Номинальная скорость движения ленты относительно магнитных головок может принимать значения из ряда 38,1; 19,5; 9,53; 4,26 и 2,38 см/с.

Детонация – это отношение амплитуды колебания скорости движения магнитной ленты к ее номинальному значению. Для бытовых магнитофонов детонация должна составлять не более 0,1...0,4 %. Она характеризует искажения, обусловленные непостоянством скорости движения магнитной ленты при записи и воспроизведе-

дени. Детонация с частотой 2...8 Гц воспринимается как периодическое изменение высоты звука (плавание), 10...25 Гц – как дрожание, выше 25 Гц – как хрипкость.

Входное напряжение – величина напряжения сигнала данного входа, в пределах которой магнитофон должен обеспечить запись с эффективным значением остаточного магнитного потока, относительным уровнем помех и коэффициентом гармонических искажений, указанных в стандарте.

Полный эффективный частотный диапазон – диапазон частот, внутри которого АЧХ канала записи и воспроизведения не выходит за пределы установленного поля допусков.

Полное взвешенное отношение сигнал/шум – отношение выходного напряжения, полученного при воспроизведении сигнала, записанного с определенным уровнем, к выходному напряжению записи, произведенной без подачи сигнала (относительный уровень шумов и помех).

Коэффициент третьей гармоники – процентное содержание третьей гармоники в выходном напряжении, получаемом при воспроизведении сигнала, записанного с номинальным уровнем (обычно 0 индикатора уровня записи).

Отношение сигнала к стертому сигналу – отношение выходного напряжения, записанного с определенным уровнем, к выходному напряжению, полученному при воспроизведении того же участка ленты после стирания.

Время интеграции и возврата индикатора уровня записи: для индикатора максимальных значений – от 20 до 250 мс и от 1,0 до 2,5 с соответственно; для индикатора средних значений 150...350 мс; для индикатора перегрузки 5,0...20 мс, 1,0...2,5 с.

Питание магнитофонов ~220 В 50 Гц $\pm 10\%$; автономное 6; 9; 12 В (+10...–30) %.

Потребляемая мощность находится в пределах от 120 В · А (катушечный магнитофон 0-й группы сложности) до 13 В · А (кассетный магнитофон 3-й группы сложности).

Масса находится в пределах от 20 кг (катушечный магнитофон 0-й группы сложности) до 1,7 кг (кассетный магнитофон 3-й группы сложности).

Структура магнитной ленты и ее параметры. Магнитная лента конструктивно состоит из основы и нанесенного на нее с одной стороны рабочего слоя. В качестве материала основы используют диацетатцеллюлозу, триацетатцеллюлозу, поливинил-хлорид или полиэтилентерефталат (лавсан). Толщина основы составляет 12...38 мкм. Выбор материала основы и толщины диктуется требованиями на механическую прочность и реакцией на изменение параметров окружающей среды (температура, влажность). Лучшей основой пока считается лавсан.

В качестве рабочего слоя используется магнитный лак, приготовленный на основе порошков гамма-оксида железа, феррита кобальта, двуокиси хрома, чистого железа. Магнитный лак состоит из немагнитного связующего вещества, в котором равномерно распределены магнитные частицы размером 0,1...1 мкм. У современных лент магнитные частицы занимают (30...45) % объема магнитного слоя толщиной 6...16 мкм.

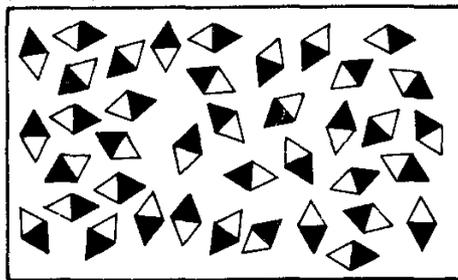


Рис. 2.4 Элементарные магнитики ленты (хаотическое состояние)

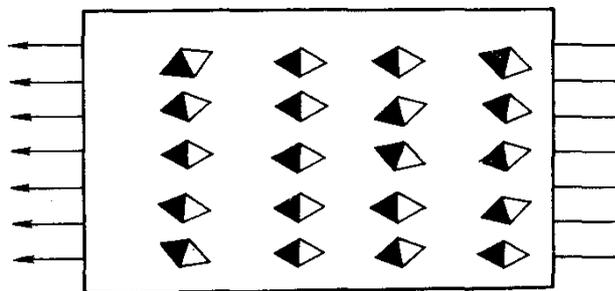


Рис. 2.5 Ориентированное состояние элементарных магнитиков

Частицы порошка представляются хаотически расположенными магнитиками. При отсутствии внешних магнитных полей частицы ориентированы произвольно, и их собственные магнитные поля взаимно компенсируются (рис. 2.4). При воздействии внешнего магнитного поля магнитики ориентируются в направлении его воздействия. Чем сильнее воздействующее поле, тем больше частиц будет ориентировано, тем сильнее намагничивается лента (рис. 2.5).

С прекращением воздействия магнитного поля лента остается намагниченной. Создание остаточной намагниченности называется *записью* и осуществляется с помощью записывающей головки.

Намагниченность ленты должна быть пропорциональна поданному в записывающую головку сигналу, поэтому применяют подмагничивание, которое уменьшает также нелинейные искажения при малых уровнях сигнала. Различают подмагничивание постоянным и переменным магнитным полем. В современных магнитофонах используется подмагничивание переменным током с частотой, в 5 – 7 раз превышающей максимальную частоту записываемого сигнала.

Магнитные ленты характеризуются многими параметрами. Основными из них являются:

Чувствительность – свойство, характеризующее отношение величины остаточного магнитного потока, получаемого при записи, к низкочастотному полю головки, создаваемому током записи.

Неоднородность чувствительности – вызывается неоднородностью толщины рабочего слоя ленты и распределения в нем частиц порошка, неодинаковым качеством рабочего слоя.

Оптимальное подмагничивание, при котором чувствительность магнитной ленты максимальна. Оно зависит от частоты тока записи и подбирается для сигнала частотой 400 или 1000 Гц. Для всего спектра частот применяют систему динамического подмагничивания.

Частотная характеристика ленты определяет зависимость чувствительности ленты от частоты записываемого сигнала.

Нелинейные искажения зависят от магнитных свойств порошка и толщины рабочего слоя, концентрации порошка в нем, режима записи, величины тока подмагничивания.

Шум размагниченной ленты вызывается неоднородностью частиц порошка и неравномерным распределением их в рабочем слое. Его разделяют на две составляющие: структурную и контактную. *Структурный шум* вызывается неоднородностью рабочего слоя ленты и имеет широкий спектр частот. *Контактный шум* вызывается колебаниями ленты у рабочих зазоров головок из-за шероховатости поверхностей магнитных головок и рабочего слоя ленты. Этот шум более различим на низких частотах.

Шум паузы – это шум размагниченной ленты, подвергнутой действию поля подмагничивания, создаваемого головкой записи.

Копирэффekt возникает в магнитной ленте, свернутой в рулон.

Современная техника магнитной записи и качество магнитных лент позволяют осуществлять четырехдорожечную запись на лентах шириной 6,25 мм и 3,81 мм (рис. 2.6, 2.7). Для ослабления влияния записей соседних дорожек друг на друга между ними существует зазор.

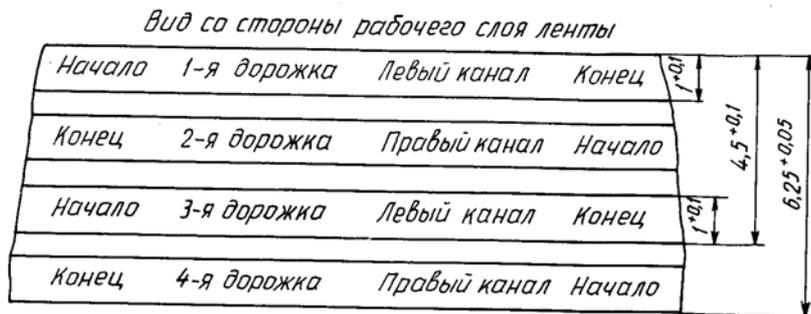


Рис. 2.6 Расположение дорожек на ленте шириной 6,25 мм при четырехдорожечной монофонической и стереофонической записи

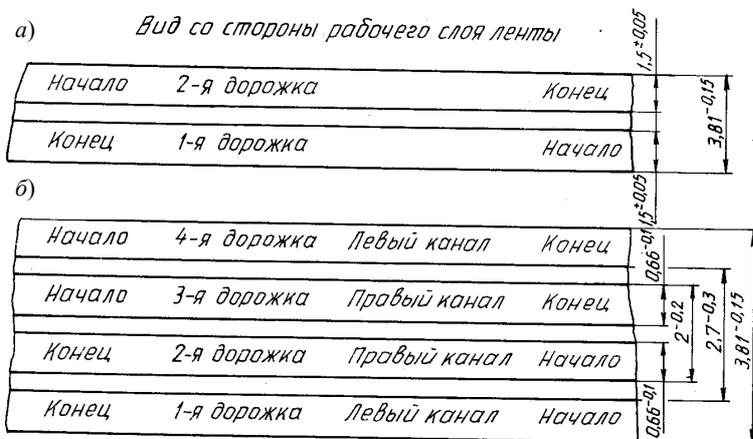


Рис. 2.7 Расположение дорожек на ленте шириной 3,81 мм:

а – двухдорожечная монофоническая запись;

б – четырехдорожечная монофоническая и стереофоническая запись

3 СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МАГНИТОФОНОВ

Структурная схема монофонического магнитофона с универсальной головкой. Структурная схема приведена на рис. 3.1. Она содержит входное устройство (ВУ), универсальный усилитель (УУ), цепи коррекции (К), генератор стирания и подмагничивания (ГСП), магнитные головки стирания В1 (ГС) и универсальную (ГУ), индикатор уровня записи (И), усилитель мощности (УМ).

Входное устройство в простейшем случае представляет собой делитель напряжения на резисторах. Выбор источника сигнала осуществляется подключением его на соответствующий разъем: Мк – микрофон; Зв – звуко-сниматель; Р – радиоприемник или телевизор; Л – радиотрансляционная линия.

В режиме *записи* сигнал с входного устройства через переключатель (положение Запись) поступает на универсальный усилитель, который усиливает сигнал и корректирует АЧХ при помощи цепей коррекции. Усиленный сигнал с выхода УУ через переключатель поступает на универсальную головку (ГУ), работающую как записывающая. Через этот же переключатель на головку подается ток подмагничивания от генератора стирания и подмагничивания. Одновременно ГСП запитывает и головку стирания. Для контроля сигнал подается на индикатор уровня записи, регулятор которого находится в УУ. Качество записываемого сигнала контролируется на слух с помощью громкоговорителя через усилитель мощности.

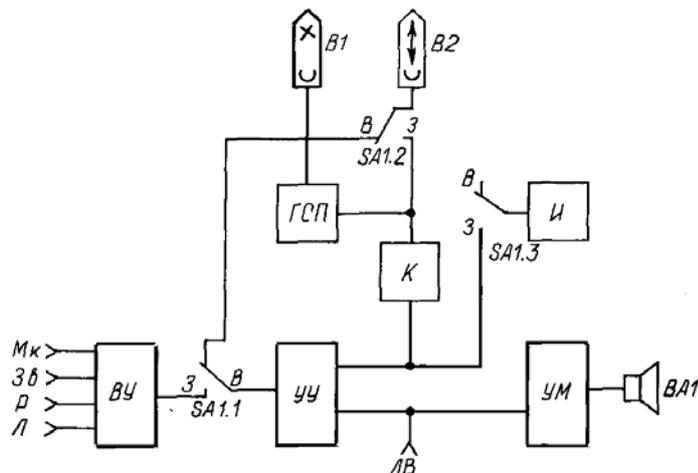


Рис. 3.1 Структурная схема монофонического магнитофона с универсальной головкой

В режиме *воспроизведения* сигнал с универсальной головки через переключатели SA1.1 и SA1.2 поступает на вход УУ, в котором производится усиление и коррекция АЧХ. Выбор цепи коррекции для записи или воспроизведения осуществляется переключателем SA1.2. С выхода УУ сигнал поступает на вход УМ и на линейный выход ЛВ для подключения другого магнитофона в режиме записи или более мощного УМ.

По такой схеме построены монофонические кассетные магнитофоны четвертой, третьей и второй групп сложности.

Структурная схема двухканального стереофонического магнитофона с УУ представлена на рис. 3.2. Схема содержит два идентичных канала – левый и правый. Общим для обоих каналов является ГСП, который включается при установке переключателя режимов работы SA1 в положение "Запись" (З). Магнитные головки выполнены в виде блоков, в каждом из которых по две головки, выполняющие одинаковые функции и подключенные к своему каналу. Запись и воспроизведение в каналах аналогичны монофоническому магнитофону.

Стереофоническое воспроизведение осуществляется при установке переключателя S в положение "В". При этом универсальные головки подключаются к входам предварительных усилителей правого и левого каналов. С усилителей мощности усиленный сигнал подается на динамические головки громкоговорителей, которые устанавливаются на некотором расстоянии друг от друга. Регулировка усиления и тембра производится сдвоенными регуляторами в усилителях мощности. Регулятор стереобаланса $R_{сб}$ позволяет сбалансировать звучание обоих каналов.

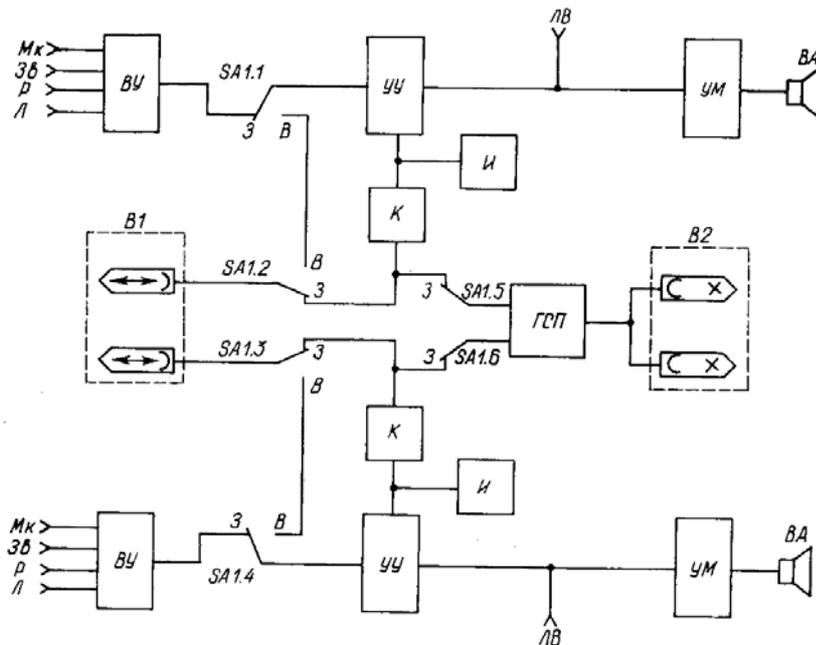


Рис. 3.2 Структурная схема двухканального стереофонического магнитофона с универсальными усилителями

Стереофонический магнитофон можно использовать для записи монофонических программ. В этом случае работает только один канал, стирающая и универсальная (записывающая) головки другого канала отключаются. При воспроизведении монофонической записи универсальные головки подключаются к входам УУ, но оба УМ подключаются к одному из УУ.

По этой схеме построены стереомагнитофоны и магнитофоны-приставки 1-й группы сложности.

Структурная схема магнитофона с отдельными усилителями представлена на рис. 3.3.

При включении магнитофона на запись сигнал через ВУ подается на вход усилителя записи (УЗ), усиливается и корректируется, и далее поступает на головку записи В2 совместно с сигналом от ГСП.

При воспроизведении записанный на магнитную ленту сигнал в виде остаточной намагниченности при движении ленты относительно рабочего зазора головки наводит в ней ЭДС, которая подается на усилитель воспроизведения (УВ). После усиления и коррекции сигнал поступает на ЛВ (для перезаписи на другой магнитофон) и через переключатель SA1 – на УМ для прослушивания через громкоговоритель.

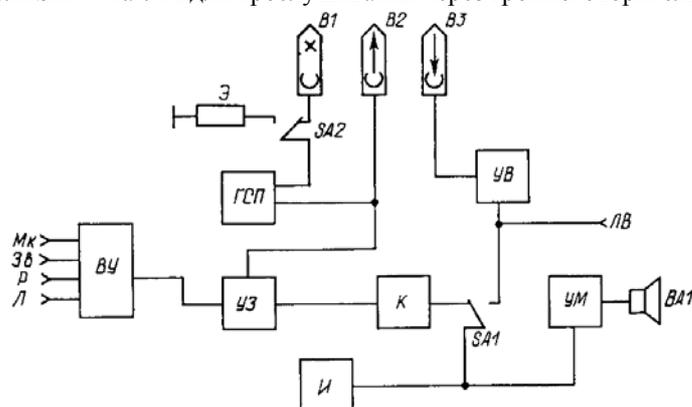


Рис. 3.3 Структурная схема магнитофона с отдельными усилителями записи и воспроизведения

При работе такого магнитофона в режиме "Запись" записанный на ленту сигнал сразу же считывается головкой воспроизведения. При этом образуется так называемый сквозной канал, позволяющий контролировать качество производимой записи и оптимально настраивать параметры записи для конкретной магнитной ленты.

4 МАГНИТОФОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Усилитель воспроизведения на дискретных элементах. Усилители воспроизведения магнитофонов выполняются на дискретных элементах (рис. 4.1) и на микросхемах (рис. 4.2).

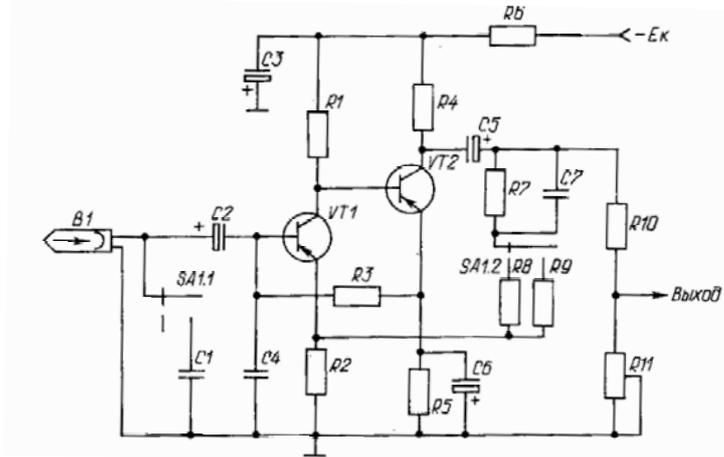


Рис. 4.1 Принципиальная схема усилителя воспроизведения на дискретных элементах

Усилитель, схема которого показана на рис. 4.1, выполнен на двух малошумящих транзисторах $VT1$ и $VT2$. Основная коррекция АЧХ осуществляется в цепи отрицательной обратной связи (ООС), охватывающей оба каскада. Корректирующая цепь составлена из двух ветвей: последовательная $C7, R7, R8$ или $R9$ с постоянной времени τ_1 и параллельная с постоянной времени τ_2 . Для отечественных магнитофонов $\tau_1 = 50$ мкс для скорости движения ленты 19,05 см/с, 90 мкс для 9,53 см/с и 120 мкс для 4,76 см/с, τ_2 постоянна для всех скоростей движения ленты.

Подъем АЧХ в области верхних частот осуществляется параллельным колебательным контуром, составленным из индуктивности головки воспроизведения и емкости $C2$ (для скорости 9,53 см/с). Частоту настройки выбирают емкостями $C1, C4$ с учетом паразитной емкости схемы. Подъем АЧХ можно регулировать резистором (20...50) кОм, включенным параллельно $C1, C4$.

Усилитель воспроизведения на интегральных микросхемах (ИМС). Усилитель воспроизведения на ИМС (рис. 4.2) работает аналогично. Коррекция АЧХ осуществляется элементами $R1, R3, C4$ в цепи ООС, при этом $\tau_1 = R1C4, \tau_2 = R3C4$. Изменяя $R1$, можно применять усилитель для разных скоростей движения ленты. Частота подъема АЧХ в области верхних частот определяется подбором $C1$.

Достоинством обеих схем является коррекция АЧХ цепью ООС, которая стабилизирует параметры усилителя и уменьшает нелинейные искажения, особенно в области частот, где действует ООС.

Усилители записи. Схема предварительного усилителя записи с элементами коррекции в цепи ОС представлена на рис. 4.3. Схема представляет собой двухкаскадный усилитель с непосредственной связью. Высокочастотные предыскажения формируются цепью $R3, R8, R9, R10, C4, C7$. Подъем АЧХ на ВЧ регулируется подстроечными резисторами $R8$ и $R10$ при скорости движения ленты 9,53 и 19,05 см/с соответственно. Коррекция на НЧ осуществляется цепью $R8R10C5$.

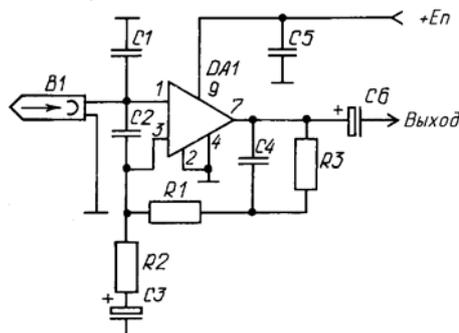


Рис. 4.2 Принципиальная схема усилителя воспроизведения на микросхемах

При непосредственном подключении головки к выходу усилителя записи могут возникнуть большие нелинейные искажения на нижних частотах из-за малого сопротивления головки. В связи с этим в усилителях применяются выходные каскады со стабилизацией нагрузки. Простейшим способом является включение большого сопротивления последовательно с обмоткой записывающей головки (рис. 4.4, а). При втором способе, более экономичном, вместо R включается цепочка RC (рис. 4.4, б).

Более высокую стабильность обеспечивает выходной каскад с динамической нагрузкой (рис. 4.5).

Для уменьшения нелинейных искажений к записываемому сигналу звуковой частоты подмешивается сигнал высокочастотного подмагничивания.

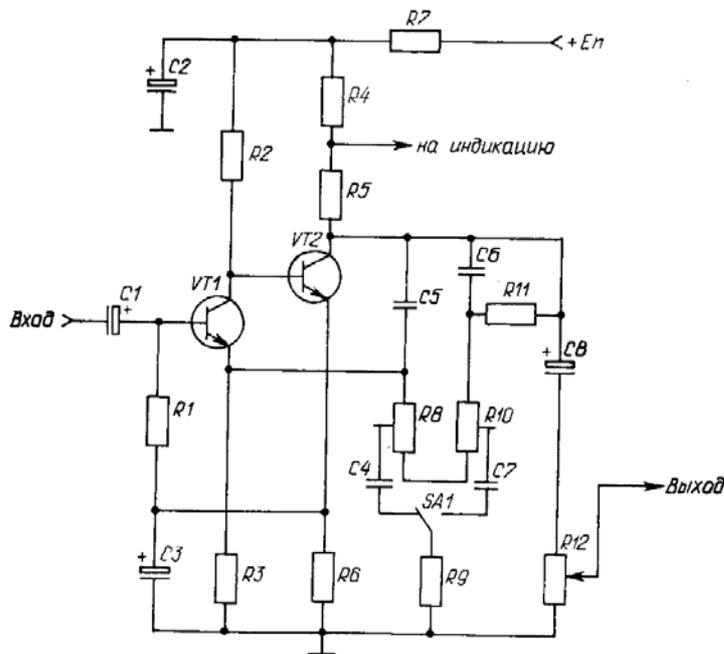


Рис. 4.3 Принципиальная схема предварительного усилителя записи

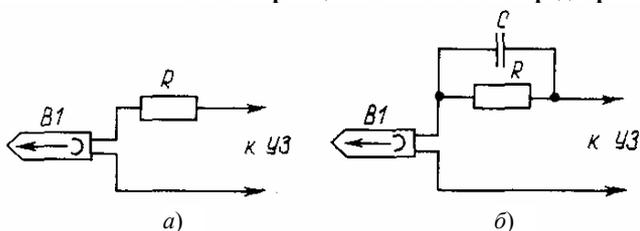


Рис. 4.4 Схемы стабилизации нагрузки усилителя записи:
а – последовательная; б – параллельная

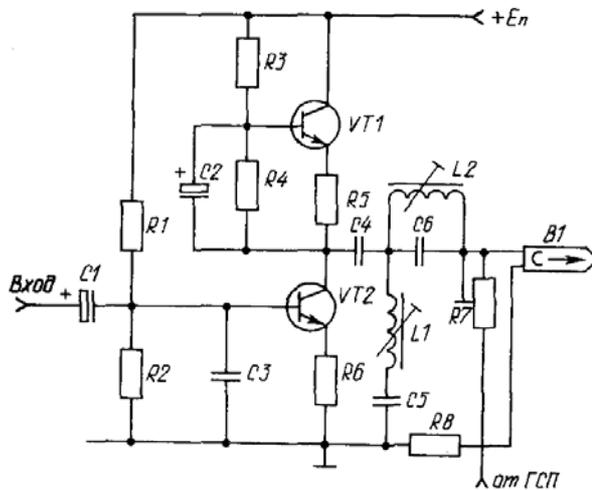


Рис. 4.5 Выходной каскад усилителя записи с динамической нагрузкой

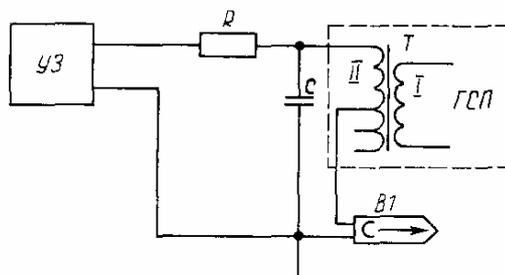


Рис. 4.6 Последовательная схема включения записывающей головки

Различают два способа смешивания сигналов: последовательный (рис. 4.6) и параллельный (рис. 4.7).

При последовательном смешивании ток звуковой частоты от УЗ проходит на записывающую головку через вторичную обмотку трансформатора Т ГСП. Резистор R и конденсатор C ослабляют прохождение тока с частотой ГСП на усилитель записи. В параллельной схеме регулировка тока осуществляется цепочкой

$R2C2$ (рис. 4.7). Для предотвращения попадания тока от ГСП к УЗ применяется цепочка $R\phi L\phi$ (фильтр-пробка), который настраивается на частоту ГСП. Стабилизация сопротивления нагрузки осуществляется цепочкой $R1C1$. На рис. 4.8 изображена встречно-параллельная схема стабилизации. Контур $L1C2$ настраивается на частоту ГСП; емкость $C1$ и индуктивность записывающей головки образуют контур, настроенный на верхнюю частоту рабочего диапазона. Кроме того, $C1$ защищает выходной каскад от токов подмагничивания.

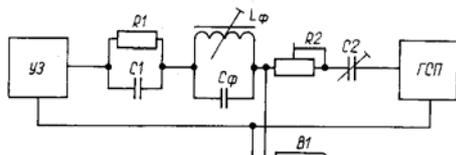


Рис. 4.7 Параллельная схема включения записывающей головки

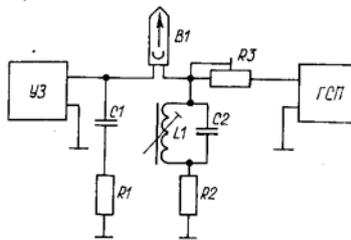


Рис. 4.8 Встречно-параллельная схема включения записывающей головки

Универсальный усилитель. Универсальными называются усилители, предназначенные для работы в режимах записи и воспроизведения. Они применяются совместно с универсальной магнитной головкой в магнитофонах 4-й, 3-й и 2-й групп сложности. Один из вариантов схемы универсального усилителя приведен на рис. 4.9.

При работе в режиме *записи* на вход усилителя поступает ЭДС от источника сигнала через входные делители напряжения. В этом режиме снижаются требования по собственным шумам и чувствительности, но есть опасность перегрузки усилителя и возникают нелинейные искажения. Выход усилителя должен быть хорошо согласован с универсальной головкой, а также выполнены требования к форме АЧХ.

Усилитель четырехкаскадный. Каскады на транзисторах $VT1 - VT2$ собраны по схеме с общим эмиттером, четвертый каскад на транзисторе $VT4$ выполнен по схеме эмиттерного повторителя, что обеспечивает хорошее согласование усилителя с универсальной головкой. Переключатель $SA1$ осуществляет необходимые переключения при переходе от режима записи к режиму воспроизведения.

Требуемый подъем АЧХ в области верхних частот обеспечивается элементами $L1, R10, C5$, включенными параллельно резистору $R12$ в цепи эмиттера $VT2$. Изменением емкости конденсатора $C5$ осуществляется настройка контура $L1C5$ на резонансную частоту, соответствующую верхней части АЧХ. Уровень подъема АЧХ устанавливается резистором $R10$. Цепью $C11R13$ создается коррекция в области нижних частот. Ток *записи* регулируется резистором $R7$. С нагрузки $R19$ эмиттерного повторителя $VT4$ сигнал через цепь стабилизации $C10R7$, колебательный контур $L2C7$, защищающий усилитель от высокочастотных токов подмагничивания, подается на универсальную головку. Величина тока подмагничивания устанавливается резистором $R6$.

При работе в режиме воспроизведения на вход усилителя поступает ЭДС, наводимая в универсальной головке. Эта ЭДС даже у высокоомной головки на нижней частоте составляет $\sim 0,5$ мВ, поэтому усилитель должен обладать высокой чувствительностью при минимальном уровне собственных

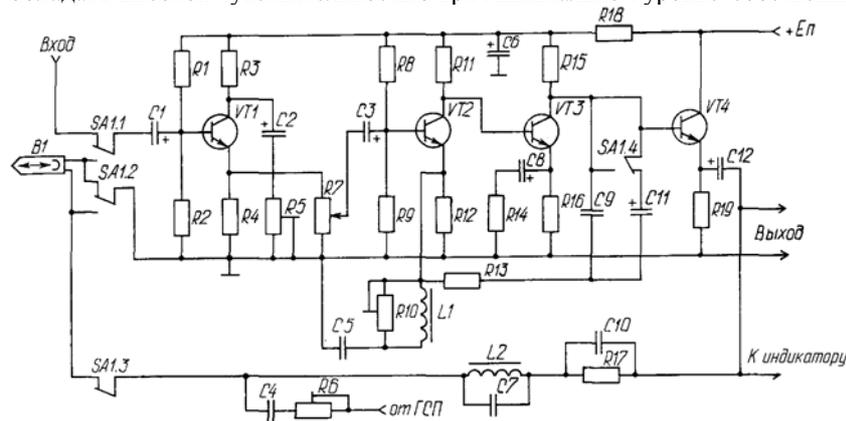


Рис. 4.9 Принципиальная схема универсального усилителя

шумов. Неодинаковая отдача головки в рабочем диапазоне частот требует применения соответствующей коррекции АЧХ усилителя. Магнитная головка подключается ко входу первого каскада, при этом изменяется цепь коррекции АЧХ по НЧ переключателем $SA4$ ($C9R13$). Общий коэффициент усиления универсального усилителя устанавливается переменным резистором $R5$.

Принципиальная схема усилителей записи и воспроизведения высококачественного магнитофона представлена на рис. 4.10.

В режиме "Запись" сигнал с контакта 17 соединителя $XP1.3$ поступает на вход усилителя записи (МС DA3 K157УЛ1А) – считывания и воспроизведения. Частотная коррекция в области высоких частот осуществляется двойным T-образным мостом $R39, R44, R45, C29, C33$. При скорости $19,05$ см/с в диагональ моста включается цепочка $RP59C37$, при скорости $9,53$ см/с – цепочка $RP52, C38$. Коррекция сигнала в области нижних частот рабочего диапазона на обеих скоростях обеспечивается цепочкой $R32C23$. Балансировка усилителя производится под-

строечным резистором $RP37$. На транзисторе $VT5$ собран эмиттерный повторитель, являющийся элементом отрицательной обратной связи в цепи корректирующего моста и цепочки $R32C23$.

В режиме "Воспроизведение" сигнал с контакта 19 соединителя $XP1.3$ через емкость $C1$ подается на базу транзистора $VT1$, на котором собран первый каскад усилителя воспроизведения. Емкость $C2$ устраняет помехи от радиовещательных и телевизионных станций. Усиленный сигнал через подстроечный резистор $RP7$ подается на вход корректирующего усилителя $DA3.1$ (МС К157УЛ1А).

Коррекция частотной характеристики в области верхних частот рабочего диапазона осуществляется двойным T -образным мостом $R34, R41, R46, C27, C32$. При скорости $19,05$ см/с в диагональ моста включается цепочка $RP26C17$, при скорости $9,53$ см/с – цепочка $RP29C21$. Коррекцию

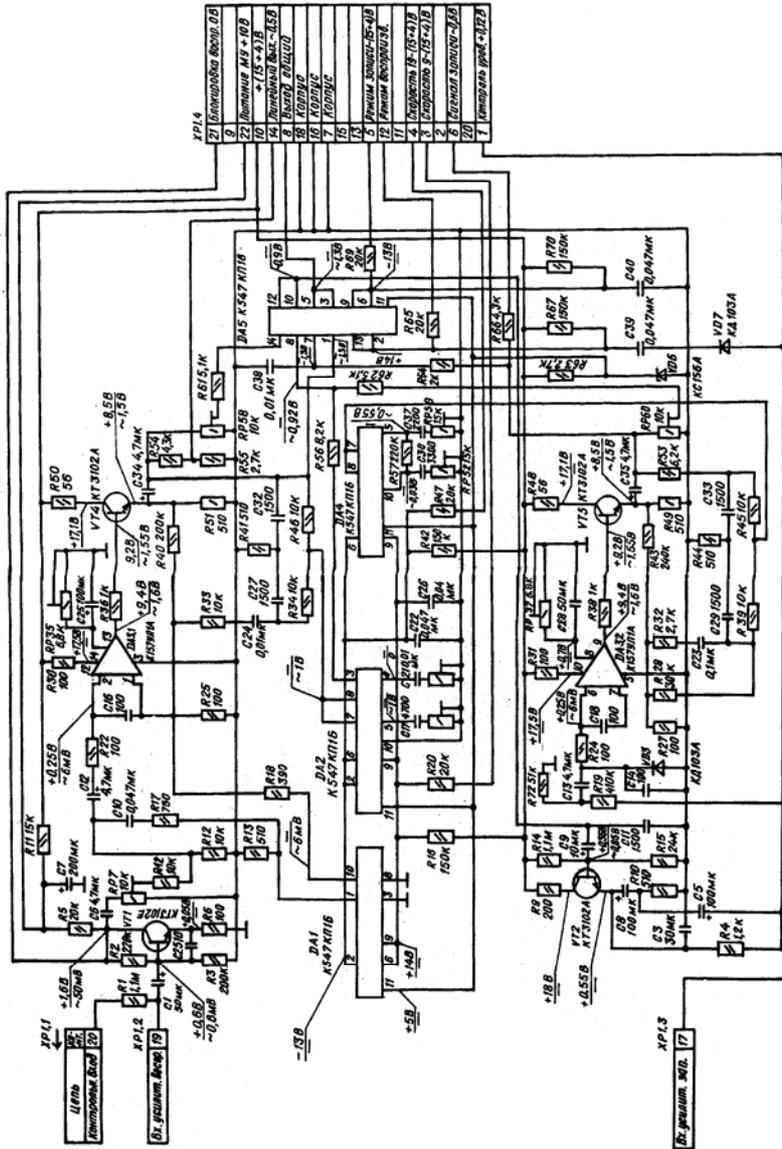


Рис. 4.10 Принципиальная схема усилителей записи и воспроизведения магнитофона-приставки

частотной характеристики на нижних частотах на обеих скоростях определяет цепочка $R33C24$. В области средних частот при скорости $19,05$ см/с частотная характеристика формируется цепочкой $R17C10$, при скорости $9,53$ см/с – $R13R17C10$. Корректирующий мост и цепочка включены в цепь отрицательной обратной связи вместе с эмиттерным повторителем $VT4$ и усилителем $DA3.1$. Балансировка усилителя производится с помощью подстроечного резистора $RP35$ по симметричному началу ограничения сигнала. Усиленный сигнал звуковой частоты с делителя $R54R55$ подается через контакт 14 соединителя $XP1.4$ на гнездо "Линейный выход".

Цепи коррекции усилителей записи и воспроизведения коммутируются с помощью электронных ключей $DA1, DA2, DA4$ типа $K547КП1Б$, для закрывания которых на контакт 11 подается +5 В с параметрического стабилизатора $VD6R63$. Сигнал на усилитель мощности и индикатор уровня $VT2$ поступает через электронный коммутатор $DA5$. Напряжение на коммутатор подается с контактов 5 и 12 соединителя $XP1.4$ через резисторы $R65, R69$, ключи закрываются напряжением с $R67, R70$. Индикатор на $VT2$ работает в режиме "Детектор-усилитель". Измерительный прибор подключен к цепи эмиттера $VT2$ через контакт 1 соединителя $XP1.4$. Функции детектора выполняет переход "база – эмиттер" транзистора, после чего сигнал усиливается на нагрузке

коллектора. Время интеграции и восстановления задается элементами $C3$, $C5$, $C8$, $R10$. Номинальный уровень в режиме "Запись" по индикатору устанавливается подстроечным резистором $RP60$, в режиме "Воспроизведение" – подстроечным резистором $RP58$.

Усилитель мощности. Принципиальная схема усилителя мощности магнитофона-приставки представлена на рис. 4.11.

Усилитель мощности предназначен для усиления сигналов, поступающих от усилителей записи, воспроизведения или внешнего источника сигналов звуковой частоты. Усилитель мощности каждого канала собран на девяти транзисторах и содержит каскады предварительного усилителя ($VT1$, $VT3$), стабилизатор ($VT4$) тока покоя выходных транзисторов, фазоинверсный каскад ($VT8$, $VT9$) и мощный выходной каскад ($VT10$, $VT11$). На транзисторах $VT5$, $VT7$ выполнена быстродействующая схема защиты усилителя мощности от перегрузок и короткого замыкания в нагрузке.

Сигнал звуковой частоты с контакта 2 переключателя $XP1.1$ через элементы $R3$, $R2$, $C2$ подается на базу транзистора $VT1$, на котором собран входной каскад. Стабильность режима транзистора $VT1$ обеспечивается отрицательными обратными связями по напряжению ($RP4$) и току ($R7$).

Второй каскад на транзисторе $VT3$ осуществляет основное усиление сигнала по напряжению. В коллекторную цепь этого транзистора включена схема стабилизации начального тока выходных транзисторов, выполненная на транзисторе $VT4$ и резисторах $R14$, $R15$, $R16$, $R18$, $R19$. Начальный ток выходных транзисторов устанавливается подстроечным резистором $RP15$.

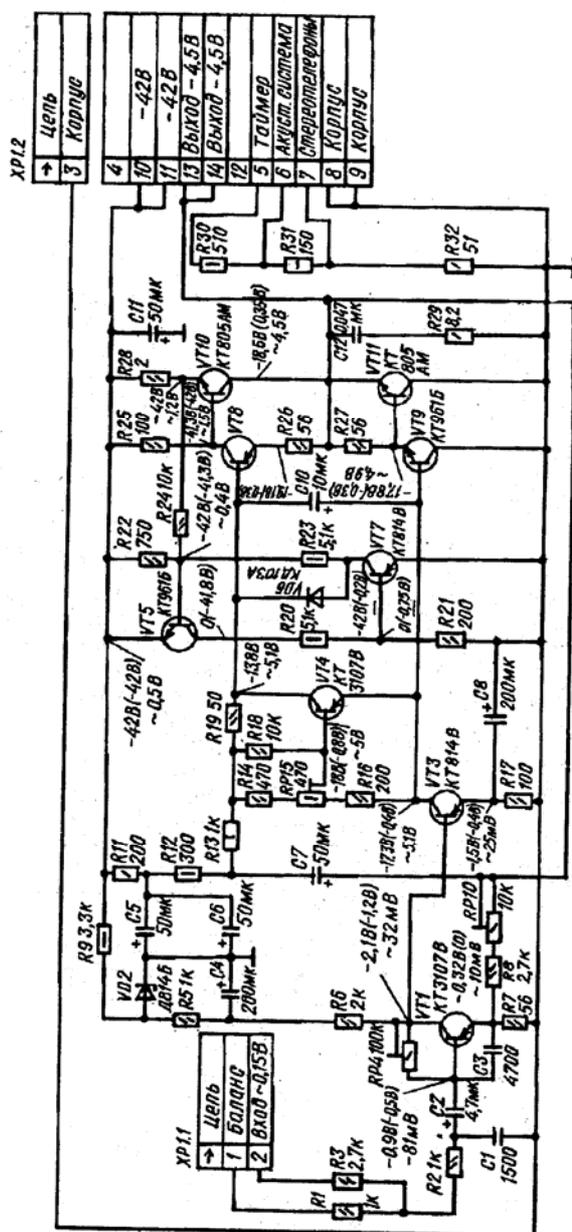


Рис. 4.11 Электрическая принципиальная схема усилителя мощности

Фазоинверсный каскад выполнен на двух транзисторах $VT8$, $VT9$ разной проводимости. Выходной каскад собран по бестрансформаторной схеме. Для повышения стабильности работы усилителя мощности применена отрицательная обратная связь. Подстроечный резистор $RP4$ служит для регулировки величины нелинейных искажений выходного каскада. Цепочка $R29C12$ стабилизирует нагрузку усилителя на верхних частотах рабо-

чего диапазона. На резисторах $R31$, $R32$ собран делитель напряжения для подключения стереотелефонов через резистор $R30$.

Схема защиты ($VT5$, $VT7$) предохраняет усилитель мощности от перегрузок. При токовых перегрузках триггер переходит во второе устойчивое состояние, и на выходе усилителя мощности устанавливается нулевой потенциал.

5 ГЕНЕРАТОРЫ ТОКОВ СТИРАНИЯ И ПОДМАГНИЧИВАНИЯ (ГСП)

Двухтактный трансформаторный ГСП. Размагничивание ленты (стирание записи) производят стирающей головкой, питаемой током высокой частоты. Для получения токов стирания и подмагничивания используют один генератор ВЧ. К ГВЧ предъявляют следующие основные требования:

- обеспечение необходимой мощности генератора;
- строго симметричная форма выходного сигнала.

Для надежного размагничивания ленты необходима такая частота, чтобы каждый участок ленты успевал перемагнититься не менее десяти раз.

Мощность генератора потребляется в основном головкой стирания в связи с ее малым сопротивлением. Потребляемая головкой стирания мощность пропорциональна ширине сердечника и зависит от его материала. Полезная мощность ГСП зависит от частоты: чем выше частоты стирания, тем большую мощность должен иметь ГСП. При уменьшении частоты стирания ухудшается качество записи.

Частота тока подмагничивания должна быть в 3...5 раз выше максимальной записываемой частоты. Частоту генератора выбирают в пределах 40...100 кГц. К стабильности частоты ГСП специальных требований не предъявляется, допускается нестабильность до 5 %.

На качестве записи сильно сказывается асимметрия тока подмагничивания, которая вызывается наличием в выходном сигнале четных гармоник основного сигнала генератора. В связи с этим ГСП строятся по двухтактной схеме.

На рис. 5.1 представлена схема двухтактного трансформаторного ГСП. Генератор выполнен по схеме с индуктивной ОС на транзисторах $VT1$ и $VT2$. Режим генератора задается резисторами $R3$, $R4$, $R5$ и стабилизируется цепочкой $R1R2$. Диод $VD1$ и стабилитрон $VD2$ поддерживают устойчивый режим генерации при изменении величины питающего напряжения на (30...40) %. Регулировка тока подмагничивания осуществляется подстроечными резисторами $R1$, $R2$. Частота генерируемых колебаний определяется индуктивностью стирающей головки и емкостью $C3$.

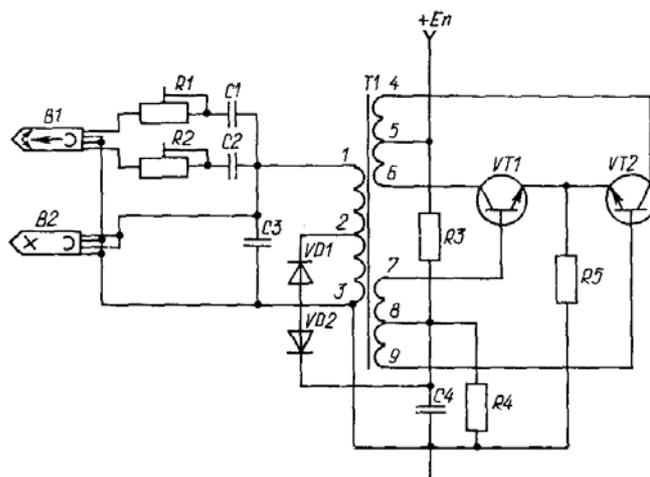


Рис. 5.1 Принципиальная схема двухтактного трансформаторного генератора токов стирания и подмагничивания

Для получения выходного тока с малой асимметрией необходимо, чтобы токи плеч генератора были одинаковы (т.е. равны их соответствующие реактивные и активные сопротивления), а также одинаковы параметры транзисторов.

Простой бестрансформаторный ГСП. Схема бестрансформаторного ГСП представлена на рис. 5.2.

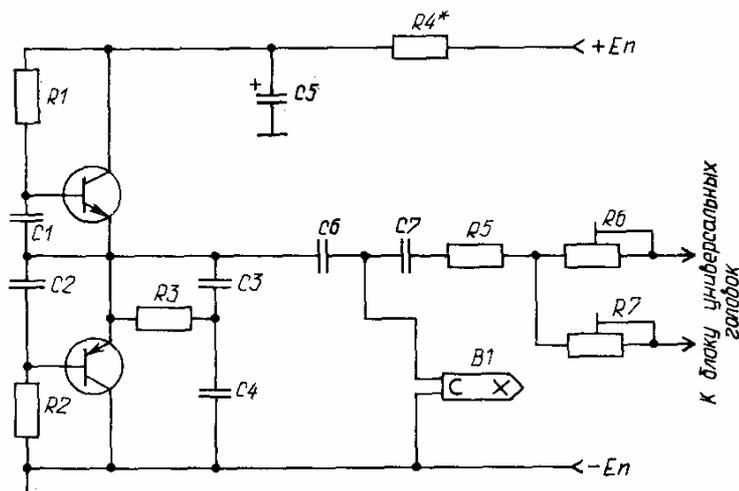


Рис. 5.2 Схема простого бестрансформаторного генератора токов стирания и подмагничивания

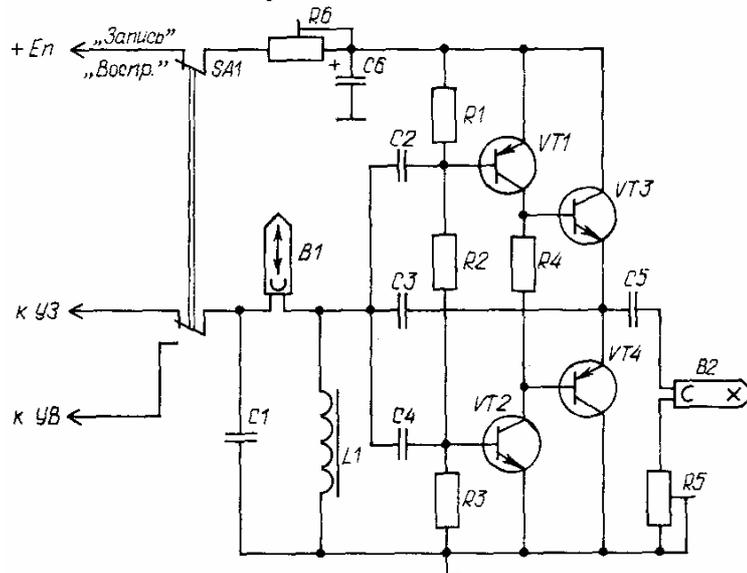


Рис. 5.3 Схема бестрансформаторного генератора токов стирания и подмагничивания с встречно-параллельным включением записывающей головки

Режим работы по постоянному току задается резисторами $R1, R2$; передача сигнала осуществляется с емкостного делителя $C4, C4$ через емкости $C1, C2$. Генератор вырабатывает колебания синусоидальной формы, частота которых задается контуром, в который входят конденсаторы $C3, C4, C5$ и индуктивность стирающей головки. $R4C5$ – развязывающий фильтр в цепи питания, $R6, R7$ служат для установки токов подмагничивания.

Бестрансформаторный ГСП с встречно-параллельным включением головок. Схема ГСП представлена на рис. 5.3. Емкость $C5$ и индуктивность стирающей головки составляют частотозадающий контур; $C2, C4$ – цепь положительной обратной связи (ПОС). Возникающие колебания усиливаются в каскадах на транзисторах $VT1, VT2$ и с их общей нагрузкой $R4$ подаются на базы транзисторов $VT3$ и $VT4$ и на стирающую головку. Ток подмагничивания устанавливается подстроечным резистором $R6$, стирания – $R5, L1, C1$ – элементы фильтрации.

6 ИНДИКАТОРЫ УРОВНЯ

Индикатор среднего уровня. Качество магнитной записи зависит от уровня намагниченности ленты, который для катушечных магнитофонов не должен превосходить 320 нВб/м, для кассетных – 250 нВб/м.

В качестве меры уровня записи принято эффективное значение остаточного магнитного потока на низкой частоте (400 Гц) в пересчете на 1 м ширины дорожки записи. Так, номинальный уровень записи магнитофонов всех групп сложности соответствует эффективному значению остаточного магнитного потока 256 нВб/м. При ширине магнитной ленты 6,25 мм это соответствует эффективному значению потока 16 000 нВб. Коэффициент гармонических искажений остаточного магнитного потока на ленте 2 %. При уровне 256 нВб/м напряжение на линейном выходе при воспроизведении составляет 3 В, что и является эталоном при измерении уровня записи в производственных условиях.

Основными параметрами индикаторов являются время интеграции (постоянная времени индикатора) и время обратного хода. Время интеграции показывает минимальную длительность импульса напряжения звуко-

вой частоты, которая еще может быть отмечена. В зависимости от величины времени интеграции различают индикаторы среднего уровня, пиковые и квазипиковые.

Индикаторы среднего уровня строятся на основе стрелочных приборов магнитоэлектрической системы с током полного отклонения не более 250 мкА. Время интеграции при этом достигает 350 мс. Электрическая схема простого индикатора изображена на рис. 6.1.

Схема включает: эмиттерный повторитель $VT1$, выпрямитель $VD1, VD2$, стрелочный прибор – указатель $PA1$. Эмиттерный повторитель с большим входным сопротивлением (рис. 6.1, а) уменьшает влияние индикатора на контролируемую цепь. Малое выходное сопротивление каскада обеспечивает небольшое время интеграции, определяемое выпрямителем $VD1, VD2$ и емкостью $C4$. Недостатком является малый диапазон измеряемых уровней.

На рис. 6.1, б изображена схема индикатора с усилением контролируемого сигнала, который сначала усиливается транзистором $VT1$, затем выпрямляется цепью $VD1, VD2, C2$. При этом увеличивается сопротивление нагрузки выпрямителя и расширяется диапазон измеряемых уровней. Увеличение сопротивления нагрузки осуществляется включением резистора $R5$ последовательно с прибором $PA1$.

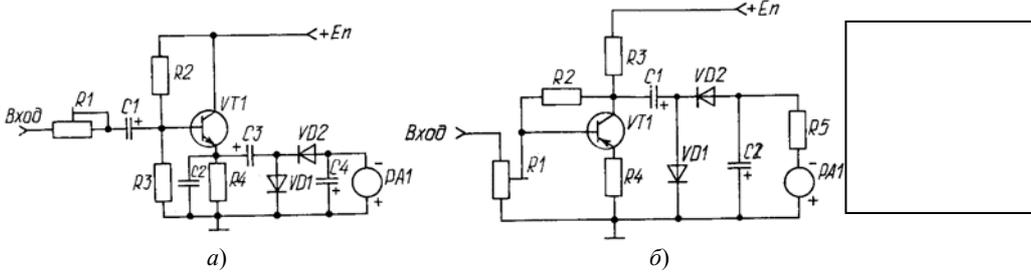


Рис. 6.1 Принципиальная схема индикаторов среднего уровня:

а – без усиления контролируемого сигнала;
б – с усилением контролируемого сигнала

Индикатор для стереофонического магнитофона. Схема индикатора представлена на рис. 6.2. На входе индикатора включен диодный смеситель $VD1, VD2$ сигналов левого и правого каналов. Для повышения чувствительности индикатора к диодам через резисторы $R1, R2$ с делителя $R3R4$ приложено небольшое положительное напряжение. Время интеграции определяется цепью $R5C3$, время обратного хода – емкостью $C3$ и выходным сопротивлением эмиттерного повторителя. Недостатком является отсутствие регистрации перегрузок записи.

Пиковый индикатор на два уровня. Схема индикатора представлена на рис. 6.3. Индикатор предназначен для стереофонического магнитофона и является общим для обоих каналов.

Суммирование сигналов происходит на подстроечном резисторе $R1$, которым устанавливается порог зажигания светодиода $HL1$ при уровне сигнала +3 дБ по отношению к номинальному. Светодиод $HL2$ индицирует уровень сигнала, превышающий номинальный на 6 дБ. Порог зажигания светодиода $HL2$ устанавливается подстроечным резистором $R4$.

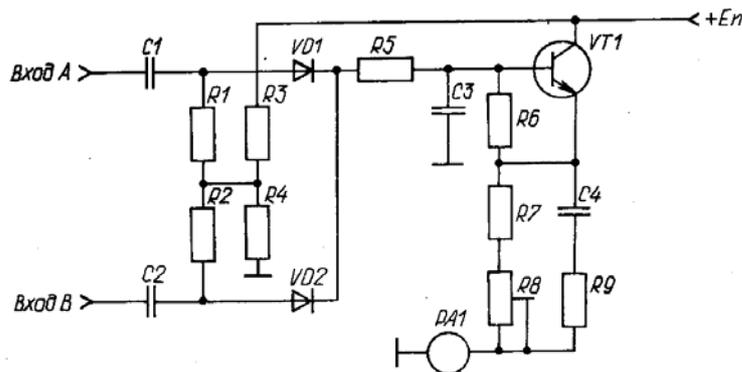


Рис. 6.2 Схема индикатора для стереофонического магнитофона

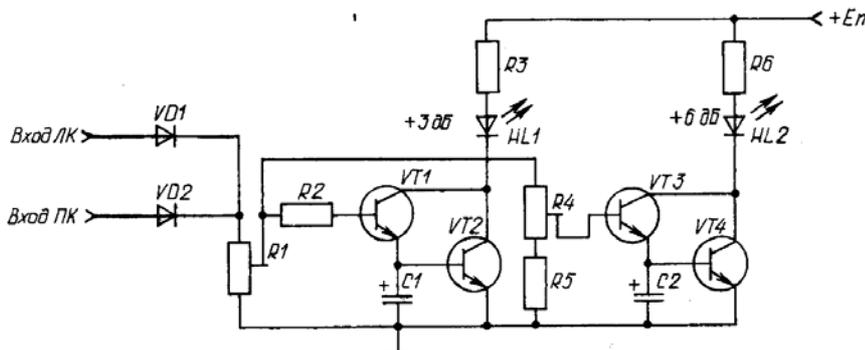


Рис. 6.3 Принципиальная схема пикового индикатора на два уровня

Высококачественный магнитофон должен содержать индикаторы среднего и пикового (квазипикового) уровней. Пиковыми являются индикаторы с временем интеграции до 10 мс, квазипиковыми – до 10...20 мс.

7 СИСТЕМЫ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ

Возникновение шумов при записи обусловлено самим принципом магнитной записи звука. Уровень шумов возрастает с уменьшением скорости движения ленты и ширины дорожки записи. В зависимости от принципа работы шумоподавители делятся на пороговые, динамические и статические.

Пороговый ограничитель шумов. Принципиальная схема порогового шумоподавителя представлена на рис. 7.1. Пороговый шумоподавитель включен между первым и вторым каскадом универсального усилителя. Первый каскад на схеме отсутствует, второй каскад выполнен на транзисторе $VT2$. Сигнал с первого каскада через управляемый делитель ($R2$ – участок коллектор – эмиттер транзистора $VT1$) поступает на вход второго каскада универсального усилителя $VT2$, входное сопротивление которого достаточно большое (~20 кОм).

При отсутствии входного сигнала на базу $VT1$ подается опорное напряжение с делителя $R12...R15$ и прямого сопротивления диодов $VD2, VD3$. Малое сопротивление открытого транзистора $VT1$ шунтирует вход каскада на $VT2$, что приводит к ослаблению шумов в паузе.

При появлении входного сигнала на коллекторе транзистора $VT3$ появляется напряжение сигнала, выпрямляемое диодами $VD2, VD3$, запирающее транзистор $VT1$. Сопротивление $VT1$ возрастает до нескольких десятков килоом, напряжение на нагрузке $VT2$ ($R6$) увеличивается.

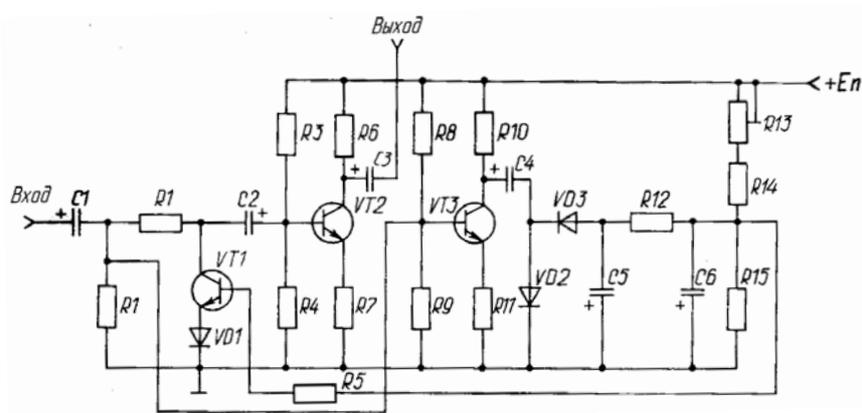


Рис. 7.1 Принципиальная схема порогового ограничителя шумов

Качество работы порогового шумоподавителя зависит от выбора порога и времени срабатывания. Порог срабатывания устанавливается резистором $R13$. Для обеспечения высокой стабильности порога срабатывания в эмиттерную цепь $VT1$ включен в прямом направлении диод $VD1$.

Недостатком указанной схемы является значительное время срабатывания и отсутствие обработки самой фонограммы, также содержащей шум.

Динамический фильтр. Принципиальная схема динамического фильтра представлена на рис. 7.3.

В состав фильтра входят: управляемый фильтр $VT3, R7, C8$; выпрямитель $VD2, VD3, R9$; канал управления $VT1, VT2$; цепь $C4R10$ защиты цепи сигнала; делитель $R3, R4$ для ослабления нелинейных искажений от входного сигнала; $VT4$ – усилитель; $R2$ – регулятор порога срабатывания.

Полезный сигнал с входа усиливается транзистором $VT1$, снимается часть усиленного сигнала с эмиттерной нагрузки $R4$ и через управляемый фильтр $VT3R7C8$, элементы $C7$ и $VT4$ поступает на выход. Одновременно с $VT1$ ВЧ составляющие через $C2, VT2, C3$ поступают на выпрямитель $VD2, VD3, R9$, сглаживаются $C5, C6$ и поступают на базу $VT3$, включенного параллельно $R7$. Чем выше уровень ВЧ составляющих, тем больше шунтируется $R7$, тем больше ограничивается полоса пропускания фильтра.

Достоинства динамического фильтра: возможность снижения шумов при записи и воспроизведении; снижение шумов в самой фонограмме.

Недостатки динамического фильтра: изменение динамического диапазона; эффект модуляции, присущий любой системе понижения шума.

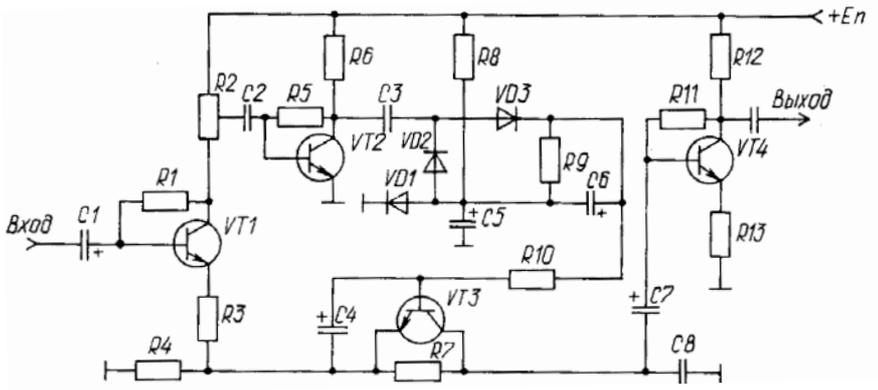


Рис. 7.3 Принципиальная схема динамического фильтра

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Справочник по радиоэлектронике: В 3 т. / Под общ. ред. А.А. Куликовского. М.: Энергия, 1968. Т. II. 536 с.
- 2 Даниленко Б.П., Манкевич И.И. Отечественные и зарубежные магнитофоны, ремонт. Минск: Беларусь, 1994. 617 с.
- 3 Бродский М.А. Аудио- и видеомангитофоны. Минск: Высш. шк., 1995. 476 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 АУДИОТЕХНИКА	3
2 МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ	6
3 СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МАГНИТОФОНОВ	12
4 МАГНИТОФОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ	15
5 ГЕНЕРАТОРЫ ТОКОВ СТИРАНИЯ И ПОДМАГНИЧИВАНИЯ (ГСП)	24
6 ИНДИКАТОРЫ УРОВНЯ	26
7 СИСТЕМЫ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ	29
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	31