

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ «ЮНЫЙ ТЕХНИК»

**Б. С. ИВАНОВ**

# **ПЕРВЫЕ ШАГИ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ**



ВЫПУСК IV

**9(315)**

**1970**

## НЕМНОГО О КАЧЕСТВЕ ЗВУЧАНИЯ

Если вы послушаете карманный приемник и сравните его звучание с радиовещательным приемником настольного типа, то легко заметите различие в воспроизведении звука. Карманный приемник собран в небольшом футляре, который не позволяет получить громкое и качественное звучание, особенно при воспроизведении низких частот. Детали настольного приемника размещены в большом деревянном футляре, на стенке которого стоит громкоговоритель. Вы ясно слышите и высокие и низкие частоты воспроизводимой мелодии. Качество звучания такого приемника несомненно выше транзисторного. Но звук кажется каким-то неестественным. Объясняется это очень просто.

Слушая концерт в театральном зале, вы даже с закрытыми глазами чувствуете и расположение инструментов в оркестре, и перемещение артистов по сцене. Сидя в зале, вы воспринимаете как прямой звук со сцены, так и отраженный от стен, потолка, пола. Отраженный звук приходит позже прямого, и это опоздание вы улавливаете на слух. Так бывает при низких частотах звуковых колебаний. При высоких частотах вы различаете разницу в силе звука, приходящего к левому и правому уху (так называемый **бинауральный эффект**). Создается впечатление объемности, направленности звука, ощущение пространства.

Но «чувство» оркестра пропадает, когда вы слушаете тот же концерт по радио. Весь оркестр как бы «втиснулся» в корпус радиоприемника или репродуктора и звучит оттуда сразу всеми инструментами. Объемность звучания исчезла.

Попробуйте расставить в комнате несколько радиоприемников, воспроизводящих один и тот же концерт. Звучание станет приятнее. Звук как бы приобретет объем. Он окружает вас за счет многократного отражения от стен, пола, потолка, мебели. Создается впечатление, что звук «висит» в воздухе.

Такого же впечатления можно добиться, поместив в одном корпусе радиоприемника несколько громкоговорителей, расположенных определенным образом.

Оказывается, даже подобные хитрости недостаточны для передачи естественного звучания. Причиной тому является одноканальная передача радиосигналов.

В зале, где идет концерт, находится один микрофон, улавливающий как прямые, так и отраженные сигналы. Микрофон реагирует только на силу приходящих к нему колебаний независимо от их направления. Он как бы смешивает все воспринятые сигналы и отправляет их к передатчику радиостанции. От антенны передатчика радиоволны доносят эти сигналы до нашего радиоприемника, из громкоговорителя которого мы их и слышим. Если в зале поставить несколько микрофонов, каждый из которых соединить со своим передатчиком, а в комнате подобным образом расставить столько же радиоприемников, настроенных каждый на свой передатчик, то можно получить естественную передачу звучания оркестра. В этом случае звучание отдельных инструментов оркестра будет передаваться по своему каналу, и радиослушатель легко представит себе расположение инструментов на сцене, он будет как бы присутствовать в зале.

Естественность звучания будет отличной уже при четырех каналах передачи, при трех и при двух она будет несколько хуже.

Конечно, таких передач по радио вы не услышите — они не ведутся, так как даже удвоение числа каналов было бы равносильно увеличению вдвое числа работающих радиостанций. А эфир и без того «заселен» очень плотно.

После длительных поисков способов стереофонического (естественного) радиовещания в 1958 году нашими инженерами была предложена система при

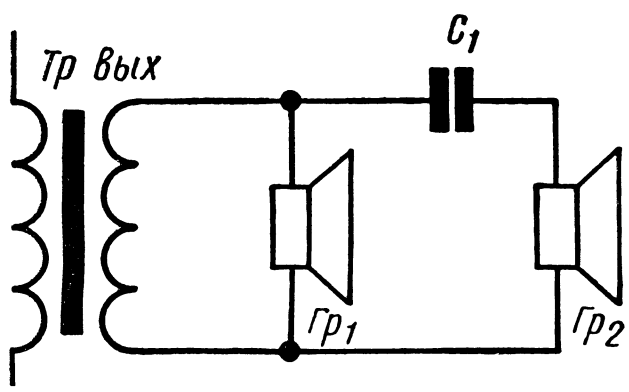


Рис. 1. Схема раздельного воспроизведения звука

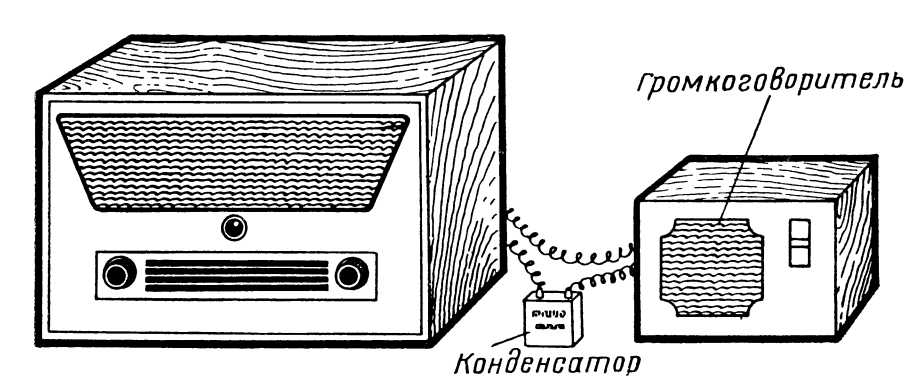


Рис. 2. Подключение дополнительного громкоговорителя

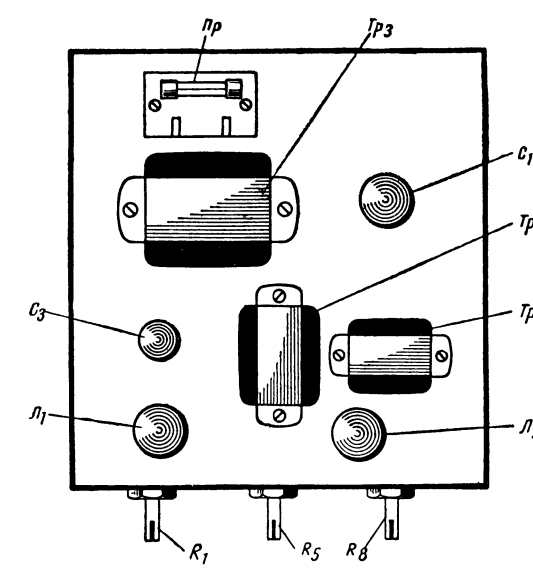


Рис. 4. Расположение деталей на шасси

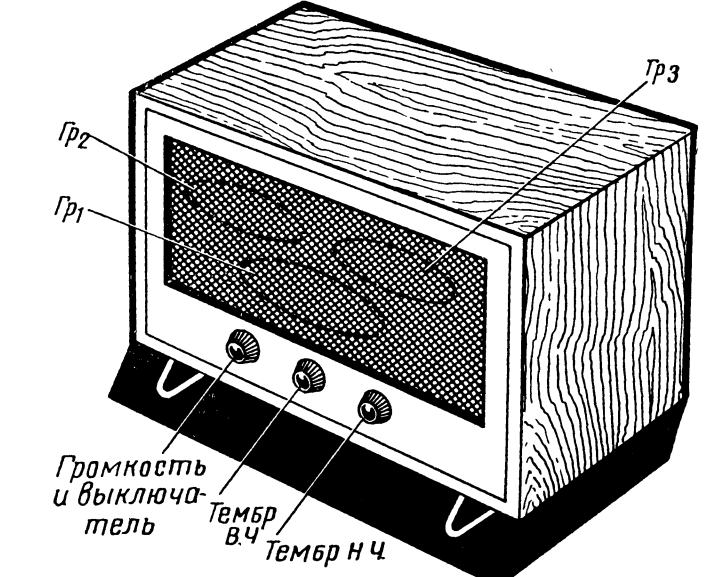


Рис. 5. Внешний вид усилителя

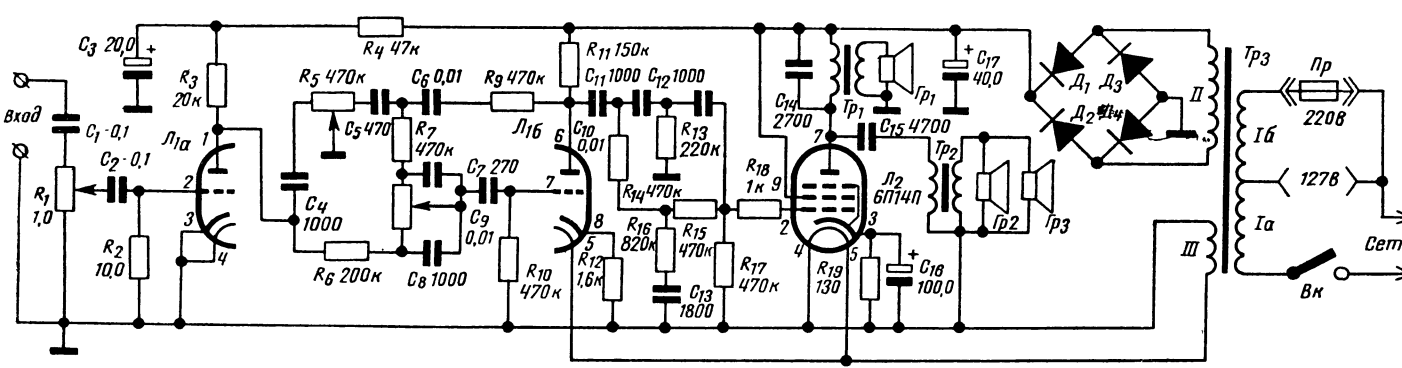


Рис. 3. Схема высококачественного усилителя

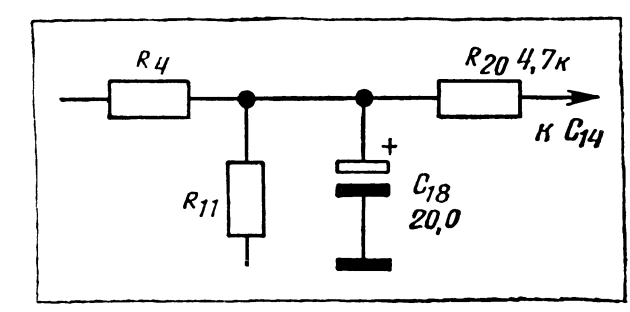


Рис. 6. Включение дополнительного фильтра

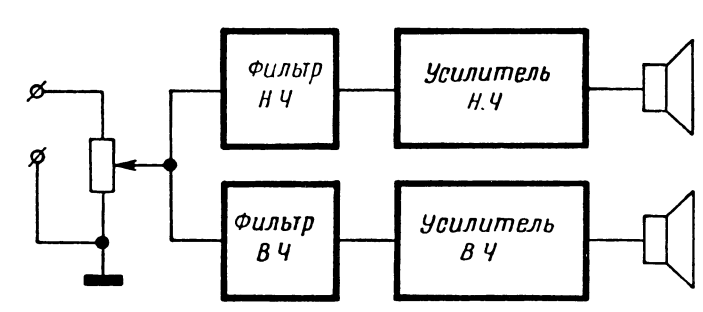


Рис. 7. Блок-схема двухканального звуковоспроизведения

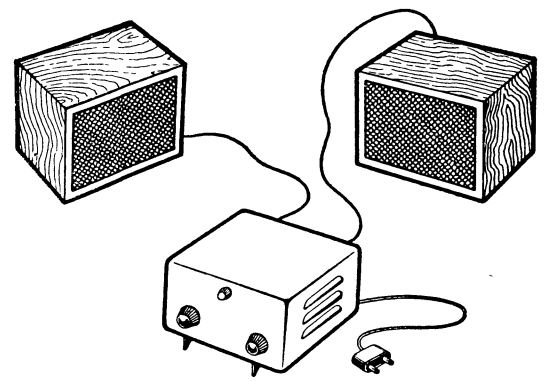


Рис. 9. Усилитель с выносными громкоговорителями

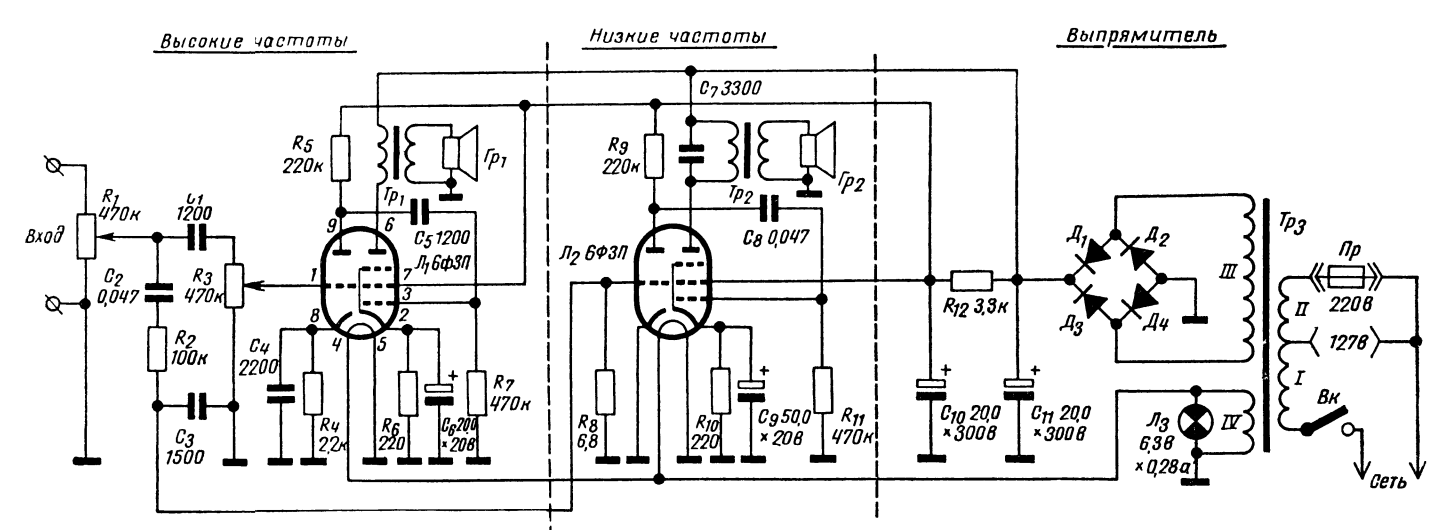


Рис. 8. Схема двухканального усилителя

одном канале передачи, использующая принцип так называемой **полярной модуляции**. Сейчас такие передачи ведутся в УВК-ЧМ диапазоне. Слушать их можно на специальных стереофонических приемниках, например «Ригонда-стерео», «Симфония» и других. Собрать такие приемники под силу только опытным радиолюбителям — настолько сложна их схема. Скоро в продаже появятся приставки к обычным радиовещательным приемникам, позволяющие слушать стереофонические передачи. А пока многие радиолюбители строят усилители низкой частоты с повышенным качеством звучания.

**УСИЛИТЕЛЬ С ДВУМЯ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯМИ**

Один из способов повышения качества звучания — раздельное воспроизведение низких и высоких частот. Для этого к выходному каскаду подключаются два громкоговорителя, как, например, показано на **рисунке 1**. Громкоговоритель Гр хорошо воспроизводит низкие частоты и подключается непосредственно к вторичной обмотке выходного трансформатора. На громкоговоритель Гр2 подаются только высокочастотные колебания. Это достигается подбором соответствующей емкости конденсатора C1. Такой схемой вы можете воспользоваться практически и добавить к своему радиоприемнику выносной высокочастотный громкоговоритель (**рис. 2**).

Громкоговоритель возьмите малогабаритный мощностью 1 вт (1ГД-9, 1ГД-18 и так далее) и установите его в любом подходящем футляре. Емкость конденсатора подбирается практически по наилучшему звучанию и лежит в пределах от 4 до 10 мкФ. При работе приемника дополнительный громкоговоритель необходимо ставить с правой стороны. Существует множество различных схем фильтров, которые позволяют подключать к выходному трансформатору два, и три, и большее число громкоговорителей. В любом случае усилитель должен без искажений пропускать достаточно широкую полосу звуковых частот.

Давайте познакомимся с одним из таких усилителей, который усиливает полосу частот от 30 до 15 000 гц. Принципиальная электрическая схема усилителя приведена на **рисунке 3**. Его выходная мощность 3,5 вт, а для получения этой мощности на вход нужно подать сигнал амплитудой не менее 120 мв. В технике минимальной входной сигнал определяет чувствительность усилителя, поэтому и в дальнейшем мы будем сравнивать усилители по их чувствительности, то есть по минимальному входному сигналу, которому соответствует заданная мощность усилителя.

Усилитель собран на двух лампах. Одна из них (Л1) комбинированная и состоит из двух триодов, а другая (Л2) является мощным выходным пентодом. Сигнал звуковой частоты с входных гнезд усилителя поступает через конденсатор C1 на переменный резистор R1, который является регулятором громкости. С движка переменного резистора сигнал подается через конденсатор C2 на управляющую сетку левой триода — Л1а. Обычно для нормальной работы любой лампы ставится в цепь катода резистор автоматического смещения, с которого на управляющую сетку поступает небольшое отрицательное напряжение смещения. Здесь такого резистора нет, но в цепи сетки стоит резистор утечки R2 с очень большим сопротивлением — 10 миллионов ом. По этому резистору протекает сеточный ток. Правда, он очень мал, но на столь большом сопротивлении создает нужное напряжение смещения, которое в отрицательной полярности приложено к управляющей сетке.

Такой способ получения напряжения смещения встречается в основном в радиолюбительских конструкциях. Он позволяет уменьшить количество деталей схемы и, кроме того, простым способом получить наибольшее усиление входного каскада при минимальном уровне фона переменного тока в громкоговорителе.

Нагрузкой первого каскада является резистор R3. С него сигнал поступает на сложную цепочку фильтров, предназначенную для регулирования окраски звучания. Одним концом цепочки подключена к аноду лампы Л1а, другим — к аноду лампы Л1б. Переменным резистором R5 можно регулировать тембр в области высоких частот, а резистором R8 — в области низких. С выхода цепочки сигнал подается через конденсатор C3 на второй каскад усиления, собранный на триоде Л2. Этот каскад собран по обычной схеме, и напряжение смещения образуется за счет резистора R12. Этот резистор не зашунтирован электролитическим конденсатором, поэтому на управляющую сетку будет поступать и часть усиливаемого сигнала. В таких случаях говорят, что каскад охвачен отрицательной обратной связью по переменному току. Обратная связь снижает усиление каскада, но позволяет получить более равномерное усиление в широком диапазоне частот.

С нагрузки каскада (резистор R11) сигнал поступает через конденсатор C10 на фильтр, собранный по схеме двойного Т-моста. Такой фильтр ослабляет средние частоты и позволяет получить больший уровень регулирования низких и верхних частот. На управляющую сетку выходного каскада сигнал подается через резистор R18, который имеет свое назначение.

Если с выхода фильтра будет поступать большой сигнал, на резисторе R13 появится дополнительное напряжение смещения за счет сеточных токов. Усиление каскада снизится, и лампа усилит сигнал без искажений. С таким способом ограничения усиления вы встретитесь во многих схемах усилителей большой мощности.

Начальное смещение на управляющей сетке выходной лампы задается резистором R19, включенным в катодную цепь. Параллельно резистору подсоединен электролитический конденсатор C16, за счет которого удастся получить большее усиление каскада. В анодную цепь лампы включен выходной трансформатор Tr1, вторичная обмотка которого нагружена на громкоговоритель Гр1. Этот громкоговоритель рассчитан на воспроизведение нижних частот. Чтобы уменьшить напряжение высоких частот, поступающих на громкоговоритель, параллельно первичной обмотке трансформатора поставьте конденсатор C14.

Высокочастотные громкоговорители Гр2 и Гр3 подключены к другому выходному трансформатору — Tr2. Первичная обмотка этого трансформатора подсоединена к аноду выходной лампы через конденсатор C15. Емкость конденсатора выбрана такой, чтобы ограничить низкочастотные сигналы, поступающие на первичную обмотку трансформатора.

Питается усилитель от двухполупериодного выпрямителя, собранного на полупроводниковых диодах Д1—Д4. Выходное напряжение выпрямителя +280 в при токе до 60 ма. Электролитический конденсатор C17 фильтрует выпрямленное напряжение. Кроме того, напряжение питания первого каскада фильтруется дополнительной цепочкой R4C3.

Выпрямитель и накальные цепи ламп питаются переменным током от силового трансформатора Tr3, который рассчитан на работу от сети напряжением 127 или 220 в. Каким же необходимы детали? Электронные лампы возьмите такие: для входного каскада — 6Н2П или 6Н9С, для выходного — 6П14П. В крайнем случае в качестве выходной лампы можно использовать тетрод типа 6П6С или 6П3С. В этом случае придется увеличить сопротивление резистора R19 до 270 ом.

Постоянные резисторы возьмите типа ВС или МЛТ. Резистор R19 должен быть мощностью 2 вт, резисторы R2, R3, R4, R11, R12 — мощностью 0,5 вт, остальные резисторы — мощностью 0,25 вт. Переменные резисторы возьмите типа СП, ВК, ТК. Причем резистор R1 желательно взять типа ТК — с выключателем питания.

Электролитический конденсатор C17 должен быть рассчитан на рабочее напряжение не менее 400 в, конденса-

тор C3 — на напряжение 300 в, а конденсатор C16 — на напряжение не ниже 12 в.

Громкоговорители поставьте такие: Гр1 — типа 5ГД-14, Гр2 и Гр3 — типа 1ГД-9, 1ГД-18. Соответственно под эти громкоговорители рассчитываются и выходные трансформаторы. Так, трансформатор Tr1 наматываете на железе Ш-16, толщина набора 24 мм. Первичная (анодная) обмотка должна содержать 2600 витков провода ПЭЛ 0,12, вторичная — 65 витков провода ПЭЛ 0,64. Можно использовать промышленный низкочастотный трансформатор от радиоприемника «Октава». Но его придется немного доработать — уменьшить количество витков вторичной обмотки (она наматана сверху). Число витков надо уменьшить с 90 до 65.

Высокочастотный трансформатор Tr2 наматываете на железе Ш-10 при толщине набора 12 мм. Первичная обмотка должна содержать 2000 витков провода ПЭЛ 0,12, вторичная — 28 витков провода ПЭЛ 0,51. Здесь также можно использовать промышленный высокочастотный трансформатор от радиоприемника «Октава» или другого радиоприемника.

Учтите, что пластины низкочастотного выходного трансформатора надо собирать встык с зазором 0,1 мм (зазор обеспечивается бумажной прокладкой), а пластины высокочастотного трансформатора следует перевернуть.

В качестве выпрямительных диодов желательно поставить германиевые диоды типа ДГ-Ц27. Они допускают большое обратное пробивное напряжение — до 600 в. В крайнем случае можно поставить диоды Д211, Д217, Д218. В противном случае подойдут и диоды типа Д7Д-Д7Ж, Д204, Д205 — в каждое плечо нужно поставить по два последовательно соединенных диода.

Силовой трансформатор можно использовать промышленный — от радиоприемников «Арфа», «Байкал», «Гамма», «Дружба», «Люкс», «Мелодия», «Ригонда» и других. Мощность трансформатора должна быть не менее 35 вт, на его вторичных обмотках должно быть переменное напряжение около 250 в и напряжение накала ламп 6,3 в.

Самодельный силовой трансформатор наматываете на железе Ш-25, толщина набора 25—30 мм. Обмотка Ia должна содержать 675 витков провода ПЭЛ 0,31, обмотка Ib — 500 витков того же провода, обмотка II — 1350 витков провода ПЭЛ 0,2, а обмотка III — 38 витков провода ПЭЛ 1,0.

Для монтажа деталей используйте металлическое шасси (**рис. 4**). На верхней панели укрепите силовой и выходные трансформаторы, конденсаторы фильтра и радиолампы. Здесь же установите изоляционную колодку с держателем для предохранителя. Остальные детали расположите в

подвале шасси. Монтаж сеточных и анодных цепей желательно вести экранированным проводом. Особенно тщательно экранируйте сеточные цепи первого каскада, так как они наиболее чувствительны к наводкам и могут стать причиной возбуждения или сильного фона в громкоговорителе.

Усилитель можно расположить в деревянном футляре (**рис. 5**). На передней стенке футляра надо сделать вырезы под громкоговорители. В центре ящика укрепите громкоговоритель 5ГД-14, а над ним укрепите громкоговорители 1ГД-9 или 1ГД-18.

**Налаживание усилителя** сводится к проверке режима работы каскадов. Для этой цели лучше воспользоваться вольтметром с большим внутренним сопротивлением, например ламповым вольтметром. На аноде лампы первого каскада (лампа Л1а) должно быть 100—110 в, на аноде лампы второго каскада — 150—170 в, на катоде Л1б — 1,2 в. В выходном каскаде проверьте напряжение на аноде лампы 6П14П — 260 в, на экранной сетке должно быть 280 в, на катоде — 7 в. Все напряжения измерьте относительно общего провода (шасси усилителя). Напряжения могут отличаться на 10—15% от указанных — это мало отразится на работе усилителя.

Если в громкоговорителях будет прослушиваться фон переменного тока при замкнутых входных гнездах усилителя, добавьте в схему еще один фильтр. Этот фильтр показан на **рисунке 6**. Через него будет питаться второй каскад усилителя, при этом более «чистое» напряжение будет подаваться и на первый каскад.

На вход усилителя можно подавать сигнал со звукоизмерителя, проигрывателя, с детекторного каскада радиоприемника или телевизора, а также со звукоизмерителя электромузыкального инструмента.

**ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ПО ДВУМ КАНАЛАМ**

Но включение на выходе усилителя двух (или нескольких) громкоговорителей — не единственный способ повышения качества звуковоспроизведения. Существуют и другие способы. Например, двухканальное звуковоспроизведение.

Вспомните, как расположены на сцене инструменты, когда выступает оркестр, квинтет или небольшой оркестр музыкальных инструментов. Обычно слева располагаются «низкочастотные» инструменты (барабан, ударник), а справа — «высокочастотные» (скрипка, флейта, саксофон). Не так ли? А теперь взгляните на блок-схему двухканального воспроиз-

изведения звука (**рис. 7**). На регулятор громкости приходится звуковые колебания с радиоприемника или с грампластинки. С движка регулятора звуковые колебания подаются на два канала усиления. В каждом канале стоит фильтр, выделяющий только свои частоты — низкие или высокие. Далее выделенные частоты усиливаются и подаются на свой громкоговоритель. Громкоговорители расположены перед слушателями строго определенно — слева низкочастотный, справа высокочастотный. Звучение приобретает объемность, передающую пространственное расположение инструментов на сцене.

А вот и практическая схема двухканального усилителя (**рис. 8**). Он собран на двух комбинированных лампах типа 6Ф3П. В баллоне каждой такой лампы находятся две лампы — триод и пентод. Это позволяет строить усилитель напряжения и усилитель мощности только на одной лампе типа 6Ф3П.

Сигнал звуковой частоты с входных гнезд поступает на переменный резистор R1, а с движка его — на фильтрующую цепочку. Через конденсатор C1 проходит только высокие частоты, так как емкость его мала — 1200 пф. С движка потенциометра R3 высокочастотный сигнал подается на управляющую сетку триода. Потенциометр R1 является общим регулятором громкости, а потенциометр R3 регулятором громкости высокочастотного канала, иначе говоря — регулятором тембра по высоким частотам. Смещение на управляющей сетке образуется за счет падения напряжения на резисторе автоматического смещения R4. Он зашунтирован конденсатором C4. С анодной нагрузки триода (резистор R5) сигнал поступает через конденсатор C5 на управляющую сетку пентода. Смещение на управляющую сетку подается с резистора автоматического смещения R6. Он также зашунтирован конденсатором, но значительно большей емкости (C6). В анодную цепь пентода включена нагрузка — выходной трансформатор с громкоговорителем во вторичной обмотке.

Для низких частот на входе усилителя поставлен фильтр R7, R8, C3. После фильтра низкочастотный сигнал поступает на управляющую сетку триода лампы Л2. Смещение здесь образуется за счет сеточных токов, протекающих через резистор R8.

С анодной нагрузки триода (резистор R9) сигнал подается через конденсатор C8 на управляющую сетку пентода выходного каскада. Смещение на управляющей сетке здесь образуется за счет падения напряжения на катодном резисторе R10, который зашунтирован электролитическим конденсатором C6. Нагрузкой выходного каскада является трансформатор Tr2 с громкоговорителем во вторичной обмотке. Первичная обмотка зашунтирована конденсатором C7, который пропускает высокие частоты, прошедшие через усилитель.

Питается усилитель от двухполупериодного выпрямителя, собранного по мостовой схеме на полупроводниковых диодах Д1—Д4. Выпрямленное напряжение фильтруется электролитическим конденсатором C11 и подается на анодные цепи выходных каскадов. Экранные цепи пентодов и анодные цепи триодов питаются через дополнительный фильтр C10R12, значительно ослабляющий пульсации выпрямленного напряжения.

Силовой трансформатор Tr3 рассчитан на включение в сеть 127 или 220 в. Постоянные резисторы возьмите типа ВС или МЛТ. Резистор R12 должен быть мощностью 2 вт, резисторы R6 и R10 мощностью 1 вт, остальные резисторы — мощностью 0,5 вт.

Переменные резисторы могут быть любого типа, но резистор R1 должен быть спарен с выключателем питания Вк. Электролитические конденсаторы C10, C11 — типа КЭ на напряжение не ниже 300 в. Конденсаторы C6, C9 — типа КЭ, ЭТО. Конденсаторы C5 и C8 должны быть рассчитаны на рабочее напряжение не ниже 250 в, остальные конденсаторы — на напряжение не ниже 20 в.

Полупроводниковые диоды Д1—Д4 возьмите типа ДГ-Ц27, Д211, Д217 или типа Д7Д-Д7Ж — по два последовательно соединенных диода в каждом плече.

Сигнальная лампа Л3 — на напряжении 6,3 в, ток 0,28 а. Громкоговоритель Гр1 — любой громкоговоритель мощностью 2—3 вт и сопротивлением звуковой катушки 4,5—5 ом (2ГД-3, 2ГД-4, 2ГД-7, 2ГД-19, 3ГД-7 и другие). Громкоговоритель Гр2 возьмите типа 4ГД-1, ГД-2, 4ГД-3, 4ГД-7 или любой другой мощностью 4—5 вт и сопротивлением звуковой катушки 4,5—5 ом.

Выходной трансформатор Tr1 наматываете на сердечнике из железа Ш-16, набор 20 мм. Первичная обмотка содержит 2600 витков провода ПЭЛ 0,12, вторичная — 90 витков провода ПЭЛ 0,51. Трансформатор Tr2 наматываете на таком же сердечнике, что и для Tr1. Первичная обмотка содержит 2600 витков провода ПЭЛ 0,12, вторичная — 75 витков провода ПЭЛ 0,51.

Силовой трансформатор можно применить готовый от радиоприемников «Волга», «Жигули», «Днепро-58», «Муромец-62», «Октава» и других. Мощность трансформатора должна быть не менее 30 вт, переменное напряжение на повышающей обмотке — 240—250 в.

Самодельный трансформатор наматываете на сердечнике из железа Ш-25, набор 32 мм. Первичная обмотка должна содержать 750 витков провода ПЭЛ 0,33, а обмотка II — 550 витков провода ПЭЛ 0,25. Повышающая обмотка III должна содержать 1500 витков провода ПЭЛ 0,16, а обмотка накала ламп IV — 39 витков провода ПЭЛ 1,0.

Усилитель можно собрать в небольшом металлическом кожухе (**рис. 9**) с вырезанными сбоку жалюзи или просверленными отверстиями для охлаждения деталей. На передней панели укрепите ручки управления и сигнальную лампу.

Громкоговорители укрепите в выносных деревянных ящиках, которые при работе усилителя должны располагаться строго определенным образом — слева низкочастотный Гр2, справа высокочастотный Гр1.

При налаживании усилителя основное внимание уделите проверке режима работы ламп. Напряжения на электродах ламп нужно измерять ламповым вольтметром или другим измерительным прибором с большим входным сопротивлением. Иначе результаты измерений будут неточными.

Постоянное напряжение на электролитическом конденсаторе C11 должно быть около 250 в, а на конденсаторе C10 — 190 в. На анодах триодов обеих ламп напряжение должно быть 75 в, а на катодах пентодов — 13 в, напряжение смещения на резисторе R4 (катод триода лампы Л1) — 1 в. Если какое-либо напряжение сильно отличается от указанного, проверьте монтаж соответствующих цепей.

Чувствительность этого усилителя 150 мв, а выходная мощность 2 вт по высокочастотному каналу, и 2,5 вт — по низкочастотному.

Познакомьтесь еще с одной конструкцией двухканального усилителя (**рис. 10**), разработанного радиолюбителем В. Мошковым на базе схемы радиоконбайна «Кристалл-104». Он воспроизводит звуковые частоты в диапазоне от 30 до 15 000 гц. Выходная мощность канала высо-

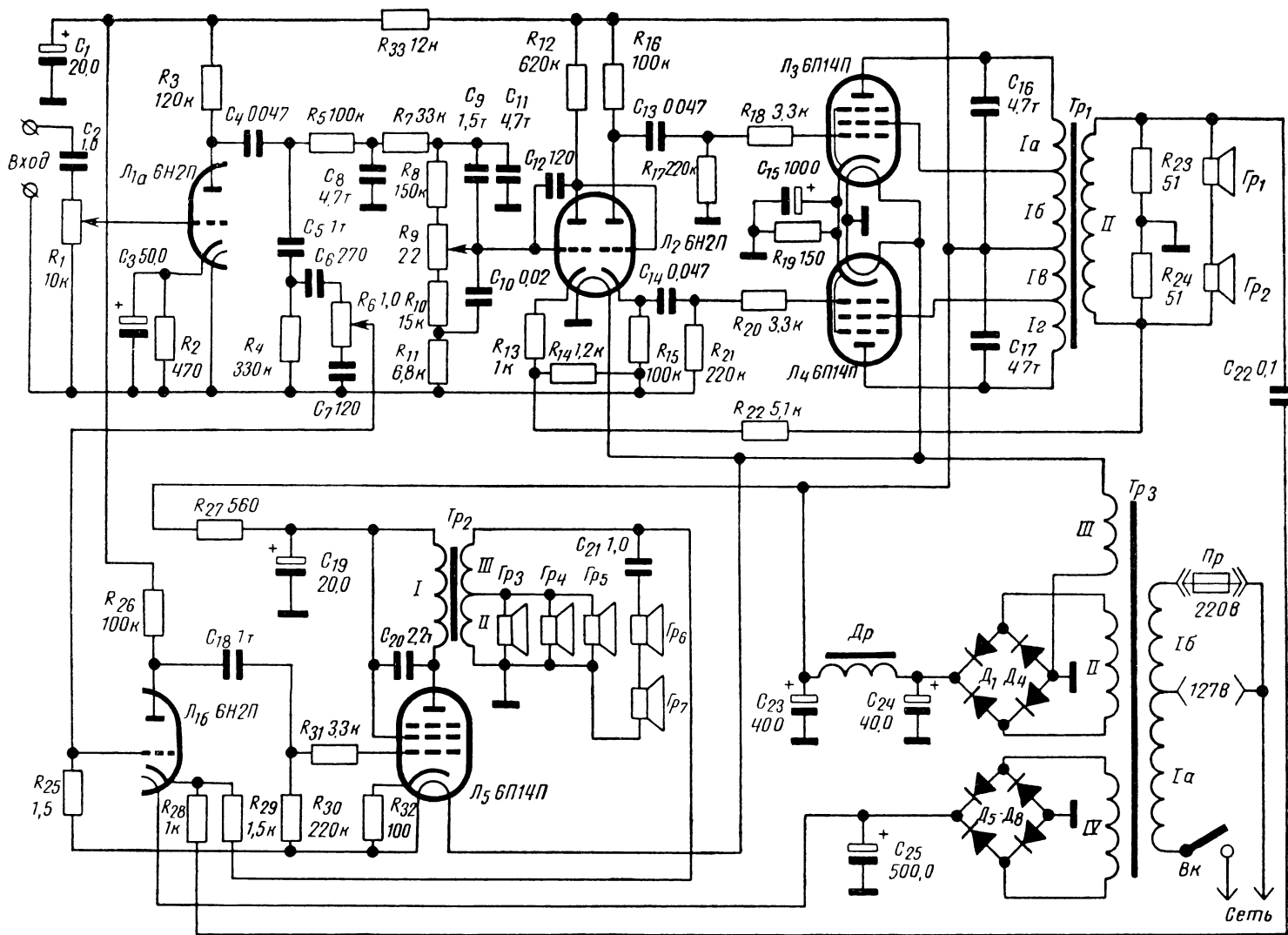


Рис. 10. Схема мощного двухканального усилителя

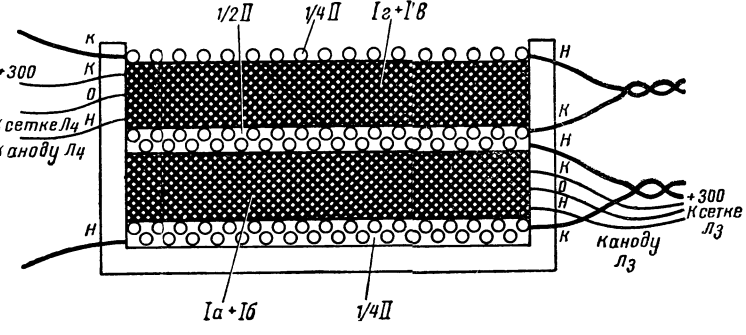


Рис. 11. Расположение обмоток низкочастотного трансформатора

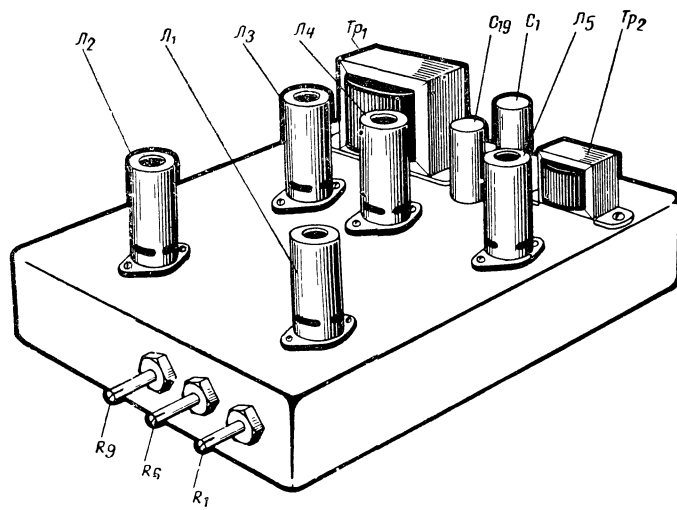


Рис. 12. Шасси усилительной части

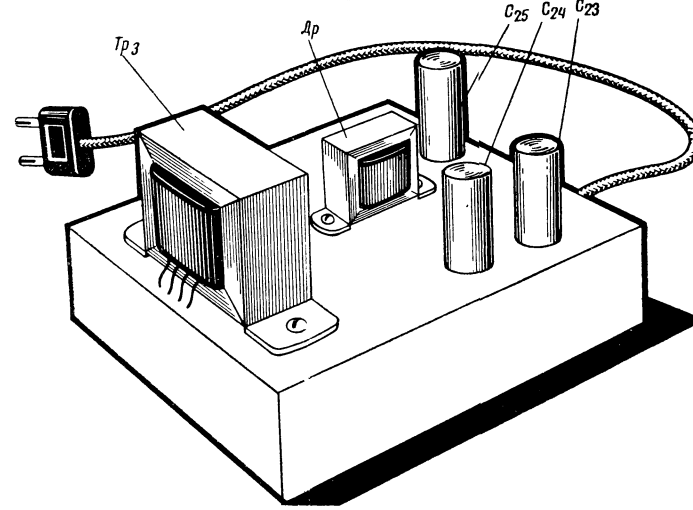


Рис. 13. Шасси выпрямителя

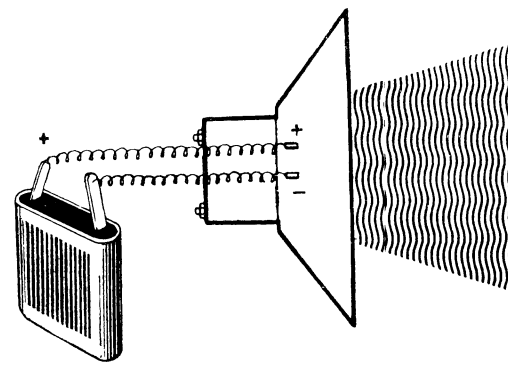


Рис. 15. Акустический агрегат

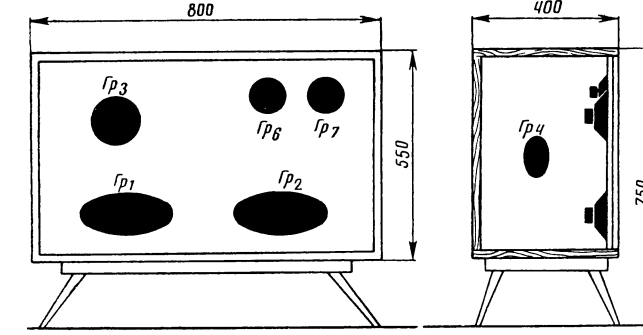


Рис. 14. Фазировка громкоговорителей

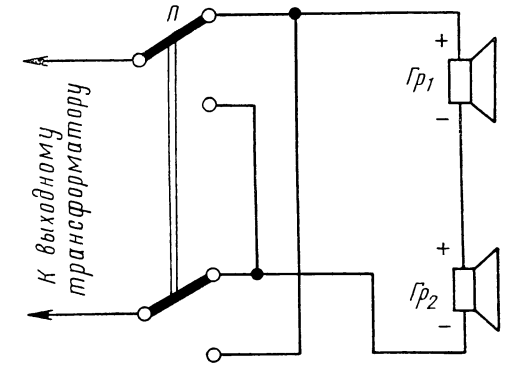


Рис. 16. Включение двухсекционного тумблера

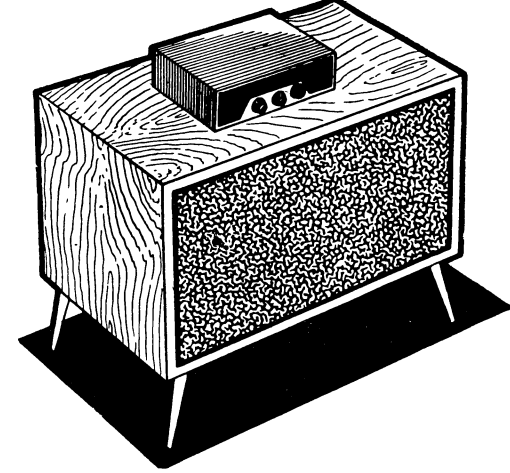


Рис. 17. Усилитель с акустическим агрегатом

ких частот составляет 2 Вт, а канала низких 4 Вт. Чувствительность усилителя 150 мВ.

Усилитель собран на пяти лампах. Две из них комбинированные (двойные триоды), а три — мощные выходные пентоды. Внешний сигнал, который нужно усилить, подается на клеммы «вход». Далее сигнал поступает через разделительный конденсатор  $C_2$  на потенциометр  $R_1$ , который является общим регулятором громкости. По сравнению с другими аналогичными схемами, сопротивление потенциометра мало — 10 кОм. Сделано это для того, чтобы уменьшить входное сопротивление усилителя. А это, в свою очередь, позволяет снизить уровень наводок на входные провода, соединяющие усилитель с источником сигнала, например звукоусилителем проигрывателя.

Первый каскад усилителя, собранный на левом триоде ( $L_1$ ) является общим для обоих каналов. В качестве нагрузки каскада используется резистор  $R_2$  сопротивлением 120 кОм. Смещение на управляющей сетке лампы определяется сопротивлением резистора  $R_2$ , включенного в цепь катода. Этот резистор зашунтирован конденсатором большой емкости ( $C_3$ ), чтобы устранить обратную связь по переменному току.

С нагрузки первого каскада через конденсатор  $C_4$  сигнал поступает на фильтрующие цепочки, каждая из которых выделяет впадину определенной полосы частот. Так, цепочка  $R_5C_5R_6C_6$  обладает значительным сопротивлением для высокочастотных сигналов, поэтому через нее будут проходить в основном колебания низких частот — до 800—1000 Гц. Другая цепочка содержит переходные конденсаторы ( $C_7$  и  $C_8$ ) сравнительно малой емкости, и они значительно ослабят сигналы низких частот. А колебания с частотой выше 1000 Гц будут проходить через такие конденсаторы со значительно меньшим ослаблением.

Как же будет усиливаться сигнал дальше? Давайте рассмотрим сначала канал низких частот. Он собран на двойном триоде  $L_2$  и двух лампах 6П14П. С выхода низкочастотного фильтра сигнал подается на частотно-зависимый делитель напряжения, состоящий из резисторов  $R_8$ ,  $R_9$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{11}$  и конденсаторов  $C_9$  и  $C_{10}$ . Движок переменного резистора  $R_9$  соединен с управляющей сеткой левого триода лампы  $L_2$ . Частотно-зависимый фильтр позволяет регулировать тембр звучания канала низких частот. Для уменьшения искажений в каскаде усиления на левом триоде лампы  $L_2$  применена отрицательная обратная связь — между анодом и сеткой включен конденсатор  $C_{12}$  небольшой емкости. Смещение на сетке лампы образуется за

счет падения напряжения на резисторах  $R_{13}$  и  $R_{14}$ , включенных в катод. Эти резисторы не зашунтированы конденсатором, поэтому и здесь есть обратная связь. Кроме того, существует и еще одна обратная связь, которая образуется за счет включения резистора  $R_{22}$  между катодной цепью и вторичной обмоткой выходного трансформатора. Такое обилие обратных связей позволяет добиться минимальных искажений усиливаемых сигналов. Правый триод лампы используется как фазоинверсный каскад с разделенной нагрузкой. Он нужен для получения одинаковых по напряжению выходных сигналов, но различной фазы. Это значит, что когда на одном выходе каскада сигнал положительный, на другом должен быть отрицательный. Вот как это получается. На управляющую сетку триода фазоинверсного каскада подается сигнал с нагрузки левого триода (резистор  $R_{12}$ ). В катоде и аноде правого триода стоят резисторы с одинаковыми сопротивлениями, поэтому и переменные напряжения на них будут тоже одинаковые по амплитуде. Известно, что при усиленном сигнале на анодной нагрузке лампы всегда противоположен по знаку сигналу на сетке, а сигнал в катоде того же знака, что и сеточный. Поэтому выходные сигналы на анодной и катодной нагрузках будут противоположны по знаку. Это и требуется от фазоинверсного каскада.

Управляющая сетка правого триода лампы  $L_2$  соединена непосредственно с анодом левого триода, поэтому смещение на сетке определяется режимом работы обоих триодов. А режим выбран таким, что напряжение между сеткой и катодом правого триода составляет около 1,2 В.

С нагрузки фазоинверсного каскада (резисторы  $R_{15}$  и  $R_{16}$ ) сигнал поступает на лампы выходного каскада, собранного по двухтактной схеме. В сеточной цепи каждой лампы поставлены резисторы ( $R_{18}$  и  $R_{20}$ ), предотвращающие искажения звука при больших амплитудах усиливаемого сигнала.

Смещение на управляющих сетках выходных ламп одинаковое, так как оно задается общим катодным резистором  $R_{19}$ . Для увеличения коэффициента усиления выходного каскада резистор зашунтирован электролитическим конденсатором  $C_{15}$ .

Выводы анодов и экранных сеток ламп соединены с выходным трансформатором  $Tr_1$ , причем экранные сетки подсоединены к части витков первичной обмотки. В ре-

зультате образуется обратная связь между анодными и экранными цепями, которая значительно улучшает качество звучания. В технике такая схема выходного каскада называется ультралинейной.

Для «срезания» прошедших высокочастотных сигналов параллельно каждой половине первичной обмотки трансформатора поставлены конденсаторы  $C_{16}$  и  $C_{17}$  емкостью по 4700 пФ. Вторичная обмотка трансформатора нагружена на два громкоговорителя типа 5ГД-14, звуковые катушки которых соединены последовательно. Кроме того, параллельно вторичной обмотке включены два резистора ( $R_{23}$  и  $R_{24}$ ), с которых снимается напряжение обранной связи на низкочастотный и высокочастотный каналы.

Теперь о канале высоких частот. Он собран на правом триоде лампы 6Н2П ( $L_3$ ) и выходном пентоде 6П14П ( $L_4$ ). Прошедшие через разделительные конденсаторы  $C_5$  и  $C_6$  высокочастотные сигналы поступают на регулятор тембра — потенциометр  $R_7$ . Включенный последовательно с потенциометром конденсатор  $C_7$  позволяет получить более равномерную регулировку тембра. С движка потенциометра сигнал подается на управляющую сетку лампы  $L_3$ . Резистор  $R_{25}$  является резистором утечки сетки. Смещение на сетке лампы образуется за счет падения напряжения на катодном резисторе  $R_{26}$ . Он включен последовательно со вторичной обмоткой выходного трансформатора, поэтому переменное напряжение на вторичной обмотке будет являться напряжением обратной связи, подаваемым на первый каскад. Такой способ введения обратной связи применяется в радиолюбительских конструкциях давно, он позволяет сократить количество деталей схемы. В цепь катода подается и еще одно напряжение обратной связи — со вторичной обмотки низкочастотного трансформатора (через конденсатор  $C_{22}$  и резистор  $R_{28}$ ). Эта обратная связь не оказывает особого влияния на работу канала высоких частот, она нужна для подавления или значительного ослабления прошедших через фильтр сигналов низкой частоты.

С резистора нагрузки лампы  $L_3$  ( $R_{29}$ ) сигнал подается через конденсатор  $C_{18}$  на выходной каскад. Здесь также, как и в низкочастотном канале, в цепи сетки стоит ограничительный резистор  $R_{31}$  для снижения искажений звука при большом уровне сигнала. Смещение на управляющей сетке образуется за счет катодного резистора  $R_{32}$ .

Нагрузкой высокочастотного канала является выходной трансформатор  $Tr_2$ . Первичная обмотка его зашунтирована конденсатором  $C_{20}$ , что необходимо для устранения

возможного самовозбуждения усилителя на частоте 25—30 тысяч герц.

Вторичная обмотка трансформатора нагружена на пять громкоговорителей: один двухваттный типа 2ГД-3 ( $Gr_3$ ), два одноваттных типа 1ГД-9 ( $Gr_4$  и  $Gr_5$ ) и два специальных высокочастотных — «пищалки», типа ВГД-1 ( $Gr_6$  и  $Gr_7$ ). Причем «пищалки» подключены ко всей вторичной обмотке через конденсатор  $C_{21}$ , ограничивающий полосу подаваемых на громкоговорители частот. Остальные громкоговорители подключены к части витков вторичной обмотки.

Для питания двухканального усилителя требуется источник постоянного напряжения около 300 В. Оно получается с помощью выпрямителя, собранного на полупроводниковых диодах  $D_1—D_4$  по двухполупериодной мостовой схеме. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсатором  $C_{24}$ . Но такого фильтра недостаточно для ослабления фона, прослушиваемого в громкоговорителях. Поэтому в схему поставлен дополнительный фильтр из дросселя  $Dr$  и второго электролитического конденсатора  $C_{25}$ . Анодные цепи усилителя, собранного на лампе  $L_1$  питаются через третий фильтр, состоящий из резистора  $R_{33}$  и электролитического конденсатора  $C_1$ . Выходной каскад на лампе  $L_5$  питается через «свой» фильтр из резистора  $R_{27}$  и конденсатора  $C_9$ .

Значительного ослабления фона можно достигнуть за счет питания нити накала входной лампы постоянным током. Поэтому в схеме стоит второй выпрямитель, обратный тоже по мостовой схеме на полупроводниковых диодах  $D_5—D_8$ . Выпрямленное напряжение фильтруется электролитическим конденсатором  $C_{25}$  большой емкости — 500 мкФ.

Значительного ослабления фона можно достигнуть за счет питания нити накала остальных ламп снимается с силового трансформатора  $Tr_3$ , который рассчитан на работу от сети 127 В или 220 В. В первичной обмотке трансформатора стоит плавкий предохранитель  $Pr$  и выключатель питания  $Vk$ .

Какие детали нужны для постройки этого усилителя? Все постоянные резисторы возьмите типа ВС, МЛТ. Резисторы  $R_{19}$ ,  $R_{27}$  должны быть рассчитаны на мощность рассеивания не ниже 2 Вт, резисторы  $R_{33}$ ,  $R_{32}$  — на мощность 1 Вт, резисторы  $R_3$ ,  $R_{12}$ ,  $R_{15}$ ,  $R_{16}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{26}$  — на мощность 0,5 Вт, остальные резисторы — на мощность 0,25 Вт. Переменные резисторы возьмите любого типа, желательно с длинной ручкой. Резистор  $R_1$  должен быть спарен с выключателем питания  $Vk$ .

Электролитические конденсаторы  $C_1$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{23}$ ,  $C_{24}$  возьмите типа КЭ на напряжение 450 В. Конденсаторы  $C_2$ ,  $C_{15}$  и  $C_{25}$  должны быть рассчитаны на напряжение не ниже 250 В. Выходной трансформатор канала низких частот — одна из ответственных деталей усилителя. От него во многом зависит качество звучания всей установки. Поэтому изготовление и намотку трансформатора производите с особой тщательностью.

Прежде всего приобретите железо Ш-22, толщина набора 30 мм. По размерам сердечника этого железа склейте из плотного материала каркас, а затем начинайте намотку. Схема расположения обмоток показана на рисунке 11. Сначала закрепите каркас в намоченном приспособлении и намотайте четверть витков вторичной обмотки — 35 витков провода ПЭЛ 0,64. Поверх обмотки проложите слой изолирующей бумаги или лакоткани. Намотайте в схему поставлен дополнительный фильтр из дросселя  $Dr$  и второго электролитического конденсатора  $C_{25}$ . Анодные цепи усилителя, собранного на лампе  $L_1$  питаются через третий фильтр, состоящий из резистора  $R_{33}$  и электролитического конденсатора  $C_1$ . Выходной каскад на лампе  $L_5$  питается через «свой» фильтр из резистора  $R_{27}$  и конденсатора  $C_9$ .

Прежде всего приобретите железо Ш-22, толщина набора 30 мм. По размерам сердечника этого железа склейте из плотного материала каркас, а затем начинайте намотку. Схема расположения обмоток показана на рисунке 11. Сначала закрепите каркас в намоченном приспособлении и намотайте четверть витков вторичной обмотки — 35 витков провода ПЭЛ 0,64. Поверх обмотки проложите слой изолирующей бумаги или лакоткани. Намотайте в схему поставлен дополнительный фильтр из дросселя  $Dr$  и второго электролитического конденсатора  $C_{25}$ . Анодные цепи усилителя, собранного на лампе  $L_1$  питаются через третий фильтр, состоящий из резистора  $R_{33}$  и электролитического конденсатора  $C_1$ . Выходной каскад на лампе  $L_5$  питается через «свой» фильтр из резистора  $R_{27}$  и конденсатора  $C_9$ .

Прежде всего приобретите железо Ш-22, толщина набора 30 мм. По размерам сердечника этого железа склейте из плотного материала каркас, а затем начинайте намотку. Схема расположения обмоток показана на рисунке 11. Сначала закрепите каркас в намоченном приспособлении и намотайте четверть витков вторичной обмотки — 35 витков провода ПЭЛ 0,64. Поверх обмотки проложите слой изолирующей бумаги или лакоткани. Намотайте в схему поставлен дополнительный фильтр из дросселя  $Dr$  и второго электролитического конденсатора  $C_{25}$ . Анодные цепи усилителя, собранного на лампе  $L_1$  питаются через третий фильтр, состоящий из резистора  $R_{33}$  и электролитического конденсатора  $C_1$ . Выходной каскад на лампе  $L_5$  питается через «свой» фильтр из резистора  $R_{27}$  и конденсатора  $C_9$ .

Прежде всего приобретите железо Ш-22, толщина набора 30 мм. По размерам сердечника этого железа склейте из плотного материала каркас, а затем начинайте намотку. Схема расположения обмоток показана на рисунке 11. Сначала закрепите каркас в намоченном приспособлении и намотайте четверть витков вторичной обмотки — 35 витков провода ПЭЛ 0,64. Поверх обмотки проложите слой изолирующей бумаги или лакоткани. Намотайте в схему поставлен дополнительный фильтр из дросселя  $Dr$  и второго электролитического конденсатора  $C_{25}$ . Анодные цепи усилителя, собранного на лампе  $L_1$  питаются через третий фильтр, состоящий из резистора  $R_{33}$  и электролитического конденсатора  $C_1$ . Выходной каскад на лампе  $L_5$  питается через «свой» фильтр из резистора  $R_{27}$  и конденсатора  $C_9$ .

создаваемого протекающим через первичную обмотку током.

Силовой трансформатор  $Tr_3$  намотайте на сердечнике из пластин Ш-32, толщина набора 50 мм. Секция 1а сетевой обмотки должна содержать 380 витков провода ПЭЛ 0,74, а секция 1б — 280 витков провода ПЭЛ 0,59. Повышающая обмотка II должна содержать 700 витков провода ПЭЛ 0,31, обмотка накала ламп III — 19 витков ПЭЛ 0,59, а обмотка IV — 19 витков ПЭЛ 1,2.

В качестве дросселя фильтра ( $Dr$ ) можно применить промшеленный дроссель, например от телевизора «Север», «Экран». Дроссель можно изготовить самим на сердечнике из пластин Ш-26 при толщине набора 30 мм. Обмотка дросселя должна содержать 2200 витков провода ПЭЛ 0,31.

Полупроводниковые диоды  $D_1—D_4$  должны быть рассчитаны на ток не менее 200 мА и обратное напряжение выше 600 В. Наиболее целесообразно в каждом плече ставить по два последовательно соединенных диода типа Д7Ж, Д205, Д221, Д222. Это повысит надежность работы схемы. Желательно все диоды подобрать с одинаковыми (или очень близкими) обратными сопротивлениями. Если у вас такой возможности нет, советуем параллельно каждому диоду подпаять уравнивающие резисторы сопротивлением по 100 кОм и мощностью 0,5 Вт.

В качестве выпрямительных диодов  $D_5—D_8$  можно использовать любые полупроводниковые диоды, рассчитанные на ток не менее 400 мА. Это диоды типа Д202—Д205, Д221, Д222. Можно ставить и другие диоды, рассчитанные на меньший ток, но в каждое плечо нужно включить несколько параллельно соединенных диодов. Так, подойдут диоды типа Д7Д—Д7Ж (по два диода в каждом плече) и диоды старого выпуска ДГ-Ц21—ДГ-Ц24 (по два диода в плече), ДГ-Ц25—ДГ-Ц27 (по четыре диода в плече).

Детали высококачественного усилителя расположите на двух металлических шасси. На рисунке 12 показано шасси, на котором расположены детали усилительной части. Сверху укрепите электронные лампы, выходные трансформаторы и электролитические конденсаторы фильтра. На передней стенке укрепите ручки управления: справа регулятор громкости  $R_1$  с выключателем питания, затем регулятор тембра по высоким частотам и крайний слева — регулятор тембра по низким частотам.

Электролитические конденсаторы  $C_3$  и  $C_{15}$ , а также остальные детали (постоянные резисторы и конденсаторы) распаяйте на изоляционных планках, расположенных вли-

зи каскадов. Постарайтесь все детали и соединительные провода расположить так, чтобы не было связи как между отдельными каскадами, так и между сеточными и анодными цепями усилительных ламп.

На рисунке 13 вы видите шасси блока питания. На верхней панели установлен силовой трансформатор, дроссель и конденсаторы фильтра. Полупроводниковые диоды расположите на изоляционной планке, которую затем установите в подвале шасси. Через отверстие в задней стенке выведите шнур питания. Гнезда для включения предохранителя расположите на задней стенке.

После установки всех деталей оба шасси скрепите винтами по боковой стенке. Предварительно в стенках просверлите одно-два отверстия диаметром 8—10 мм для соединительных проводов. Затем всю конструкцию вставьте в кожух.

Теперь об акустической системе. Это самая основная часть высококачественного усилителя. Даже при хорошо отлаженном усилителе недоброкачественная акустическая система может исказить звучание. Хорошего качества работы всей установки можно добиться только с добротной акустической системой.

Основная сложность любой акустической системы заключается в получении хорошего воспроизведения низких частот. Как известно, для работы низкочастотных громкоговорителей необходим ящик достаточного объема. Поэтому для высококачественных звуковоспроизводящих систем обычно строят акустические агрегаты, значительно превышающие по объему электронную часть конструкции. Рекомендовать вполне определенную акустическую систему трудно, так как у каждого из вас различные возможности и вкусы, а также ограниченная жилая площадь, чтобы разместить на ней объемистый агрегат. Но при хорошей планировке в комнате акустический агрегат может служить одновременно подставкой для телевизора, радиоприемника или выполнять другое назначение. Познакомьтесь с одним из вариантов самодельного акустического агрегата. Его устройство и размеры показаны на рисунке 14.

Такой акустический агрегат вы можете собрать из толстых (не менее 15 мм) досок, фанеры или материала из прессованных стружек. Ведь агрегат представляет собой ящик с закрывающейся задней стенкой. На передней стенке (она называется отражательной) укрепите громкоговорители: снизу низкочастотные  $Gr_1$  и  $Gr_2$ , слева сверху — среднечастотный типа 2ГД-3, справа — высокочастотные  $Gr_3$  и  $Gr_4$ . Два других среднечастотных громкоговорителя 1ГД-9 укрепите на боковых стенках ящика. Внутренние стенки ящика желательно оклеить звукопоглощающим материалом — поролоном, ватином, ватой. Это улучшит звучание низких частот.

Укрепленные громкоговорители нужно сфазировать, то есть включить их выводы так, чтобы все громкоговорители работали одновременно. Для этого возьмите батарейку от карманного фонаря и ее электроды подключайте попеременно к выводам каждого громкоговорителя. Добейтесь, чтобы при подключении батарейки диффузор громкоговорителя выталкивался наружу. При этом вывод громкоговорителя, с которым будет соединен положительный электрод батарейки, пометьте знаком «+», а другой вывод — знаком «—» [рис. 15]. И так — для каждого громкоговорителя.

После этого нужно подключить громкоговорители к усилителю. Отрицательные выводы громкоговорителей Гр<sub>3</sub>, Гр<sub>4</sub>, Гр<sub>5</sub>, Гр<sub>7</sub> соедините вместе и подключите к нижнему выводу вторичной обмотки трансформатора Тр<sub>2</sub>. Положительные выводы громкоговорителей Гр<sub>3</sub>, Гр<sub>4</sub> и Гр<sub>5</sub> тоже соедините вместе и подключите к отводу вторичной обмотки. Положительный вывод громкоговорителя Гр<sub>6</sub> подсоедините к конденсатору С<sub>21</sub>, а оставшиеся выводы громкоговорителей Гр<sub>6</sub> и Гр<sub>7</sub> соедините между собой.

Низкочастотные громкоговорители соедините последовательно и подключите временно к двухсекционному тумблеру, как показано на **рисунке 16**. Это нужно для окончательной фазировки громкоговорителей низкочастотного и высокочастотного каналов при налаживании усилителей.

Налаживание усилителя начните с проверки напряжения источников питания и режимов работы ламп. Для этого желательно взять ламповый вольтметр или другой измерительный прибор с пределом измерений по постоянному напряжению до 300 в, по переменному напряжению — до 10 в, и с входным сопротивлением не менее 5 мгом.

Тщательно проверьте монтаж и надежность всех паяк, а затем включите усилитель в сеть. Вольтметром переменного тока со шкалой до 10 в измерьте напряжение на выводах обмотки III — оно должно быть 6,3 в. Такое же напряжение должно быть и на выводах обмотки IV. Затем переключите вольтметр на измерение постоянного напряжения и щупы вольтметра подсоедините к выводам электролитического конденсатора С<sub>25</sub>. Напряжение здесь должно быть около 6,3 в. Если оно превышает 6,5 в, включите гасящий резистор (проволочный) сопротивлением 8—12 ом между выпрямителем и целью нагрузки. Подберите точнее сопротивление резистора, чтобы напряжение накала лампы Л<sub>1</sub> не превышало 6,5 в.

Постоянное напряжение питания проверьте на выводах конденсатора С<sub>23</sub>. Оно должно быть около 300 в.

Режим работы ламп такой. Лампа Л<sub>1а</sub>: анод — 160 в, катод — 0,6 в. Лампа Л<sub>1б</sub>: анод — 120 в, катод — 1,2 в. Лампа Л<sub>2</sub>: левый анод — 80 в, правый анод — 220 в, правый катод — 80 в, напряжение между управляющей сеткой правого триода и правым катодом должно быть 1,2 в (минус на сетке). Лампа Л<sub>5</sub>: анод — 280 в, катод — 6,5 в. Для ламп Л<sub>3</sub> и Л<sub>4</sub> достаточно измерить напряжение на общем катодном резисторе R<sub>19</sub>, которое должно равняться 6 в.

Если при включении усилителя он начинает возбуждаться, определите сначала канал, по которому идет возбуждение, а затем устраняйте причину возбуждения. Для низкочастотного канала возбуждение можно устранить перепайкой выводов вторичной обмотки выходного трансформатора. В высокочастотном канале возбуждение снимается перепайкой выводов первичной обмотки выходного трансформатора.

Окончив проверку режимов ламп и устранив возбуждение, подайте на вход усилителя сигнал, например со звукозаписывающего проигрывателя. Мелодия должна звучать громко и без искажений. Настало время для окончательной фазировки громкоговорителей. Послушайте звучание агрегата при двух положениях переключателя, соединяющего громкоговорители 5ГД-14 с низкочастотным выходным трансформатором. В одном из положений звучание будет громче и приятнее. Заметьте это положение и проследите за подключением выводов громкоговорителей к трансформатору. Отпаяйте переключатель, а выводы громкоговорителей подключите к трансформатору напрямую.

Если иногда будет наблюдаться самовозбуждение усилителя на высоких частотах, которое обычно сопровождается тонким свистом, увеличьте емкость конденсатора С<sub>20</sub>.

В следующем выпуске вы познакомитесь с другими усилителями низкой частоты, а также с различными конструкциями самодельных акустических агрегатов.



# ДЛЯ УМЕЛЫХ РУК



## Художник А. Простов

Редактор Л. Архарова  
Художественный редактор Г. Крюкова  
Технический редактор И. Колодная  
Корректор С. Бланкштейн

Сдано в производство 9/III — 70 г. Подписано  
в печать 13/IV — 70 г. Л70370 Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Печ. л. 0,75. Усл. печ. л. 1. Уч.-изд. л. 1,54  
Изд. № 407. Заказ № 066. Тираж 114 553

По оригиналам издательства  
«Малыш»

Комитета по печати  
при Совете Министров РСФСР  
Московская типография № 13  
Главполиграфпрома Комитета по печати  
при Совете Министров СССР.  
Москва, ул. Ваумана, Денисовский пер., д. 30.

