



# Двухканальный УСИЛИТЕЛЬ

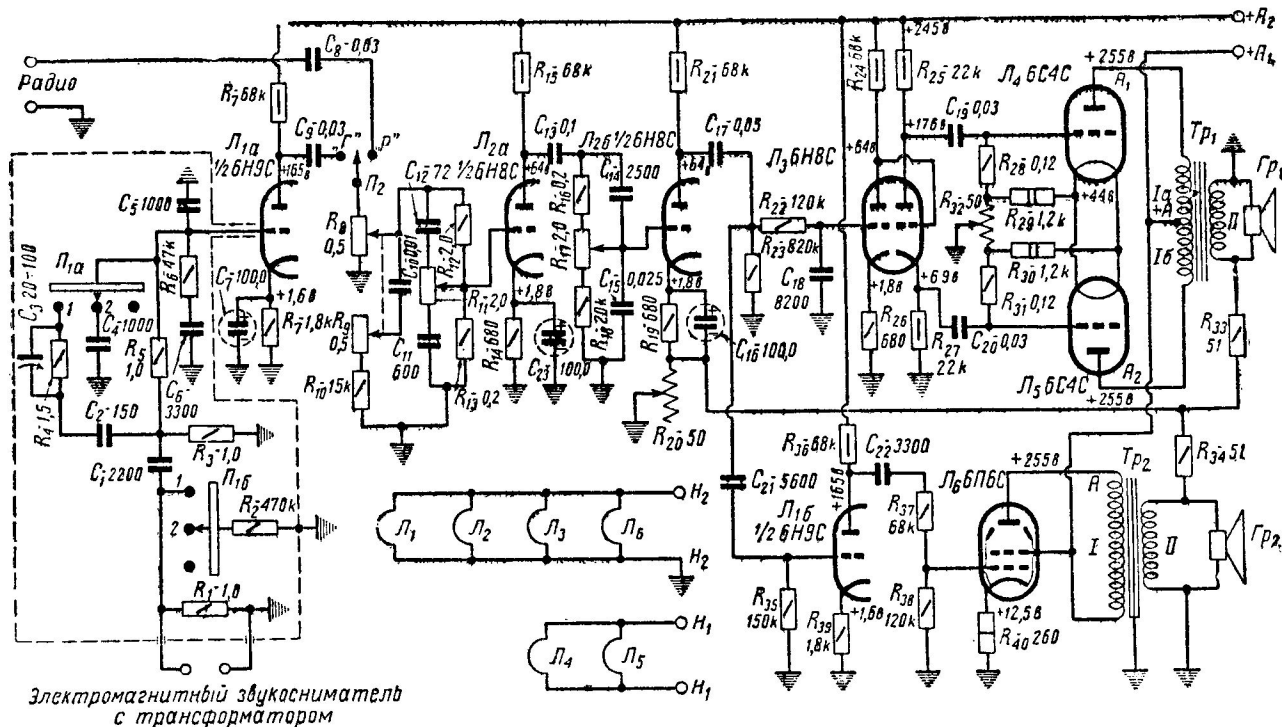
В. Чернявский

Двухканальный усилитель предназначен для высококачественного воспроизведения грамзаписи, а также для усиления передач местных радиостанций. Особенностью его является раздельное усиление и воспроизведение нижних и верхних звуковых частот<sup>1</sup>. От ранее описанных двухканальных усилителей он отличается тем, что содержит небольшое количество ламп и что в нем применен оригинальный способ разделения частот.

<sup>1</sup> См. статью А. Матвеевко «Повышение качества звуковоспроизведения», «Радио» № 1 за 1951 год.

Электрические параметры усилителя достаточно высоки. Он пропускает полосу частот от 40 до 16 000 гц. Неравномерность частотной характеристики в пропускательной полосе по напряжению составляет  $\pm 1$  дб (при снятии характеристики напряжения НЧ подавалось на сетку разделительной лампы, а измерение выходного напряжения производилось на концах звуковой катушки громкоговорителя).

Суммарная мощность на частоте раздела отличается от мощности на средней частоте каждого канала не более чем на 0,5 дб. Выходная мощность канала нижних частот усилителя составляет 6 вт при коэффициенте



Электромагнитный звукопередатчик с трансформатором

Рис. 1. Принципиальная схема усилителя. При положении «Р» переключателя П<sub>2</sub> производится усиление радиопередач, а при положении «Г» — воспроизведение грамзаписи. В последнем случае положение 1 переключателя П<sub>1а</sub> и П<sub>1б</sub> соответствует воспроизведению записей с обычных пластинок, положение 2 — с долгоиграющих

гармоник 1%, а канала верхних частот — 4 от при коэффициенте гармоник 1,5%.

Чувствительность со входа «Радно» равна 150 мв и со входа «Звукосниматель» — 30 мв.

Пределы регулировки тембра следующие: регулятора нижних частот 28 дб на частоте 50 гц и 2 дб на частоте 1 000 гц, а регулятора верхних частот 26 дб на частоте 1 000 гц и 2 дб на частоте 1 000 гц.

### СХЕМА

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1. Всего в усилителе шесть ламп, из них три лампы — двойные триоды. При работе от радиоприемника напряжение НЧ поступает на управляющую сетку лампы  $L_{2a}$ . Когда воспроизводятся грамзапись, подключается дополнительный каскад на лампе  $L_1$ .

Необходимость в дополнительном каскаде усиления вызвана тем, что для высококачественного воспроизведения грамзаписи при применении электромагнитного звукоснимателя между ним и усилителем надо включать корректирующий фильтр, предназначенный для работы с универсальным электромагнитным звукоснимателем. В случае воспроизведения долгоиграющих пластинок напряжение НЧ на выходе фильтра достигает 30—40 мв, что недостаточно для получения номинальной выходной мощности без дополнительного каскада.

В усилителе применен комбинированный регулятор громкости, в котором используется двоякое переменное сопротивление типа СпIII ( $R_8 - R_9$ ).

После регулятора громкости включен регулятор верхних частот, состоящий из конденсаторов  $C_{11}$  и  $C_{12}$  и сопротивлений  $R_{11}$ ,  $R_{12}$  и  $R_{13}$ ; регулятор нижних частот ( $C_{14}$ ,  $C_{15}$  и  $R_{16}$ ,  $R_{17}$ ,  $R_{18}$ ) включен в анодную цепь лампы  $L_{2a}$ . Следует заметить, что в двухканальном усилителе нельзя регулировать тембр, изменяя усиление только одного из каналов.

Разделение звуковых частот происходит в анодной цепи лампы  $L_{2b}$ , для чего в упомянутую выше цепь включен фильтр, состоящий из сопротивления  $R_{22}$  и конденсатора  $C_{18}$ . Этот фильтр ослабляет верхние звуковые частоты. Кроме того, в канале усиления верхних частот установлены переходные конденсаторы малой емкости и выходной трансформатор  $Tr_2$  с небольшой индуктивностью обмоток, что препятствует прохождению через

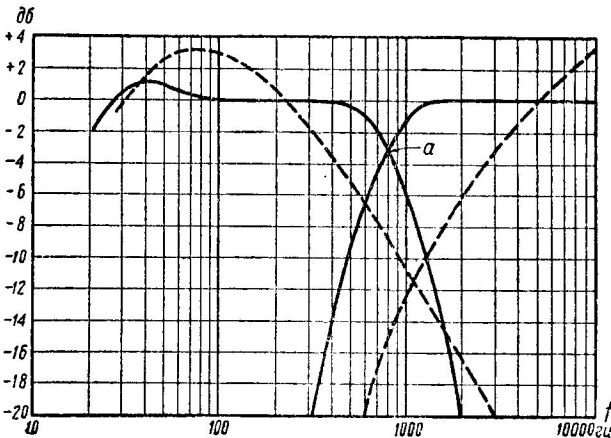


Рис. 2. Частотные характеристики усилителя. Сплошной линией показаны характеристики при включенной отрицательной обратной связи, пунктирной — при отключенной

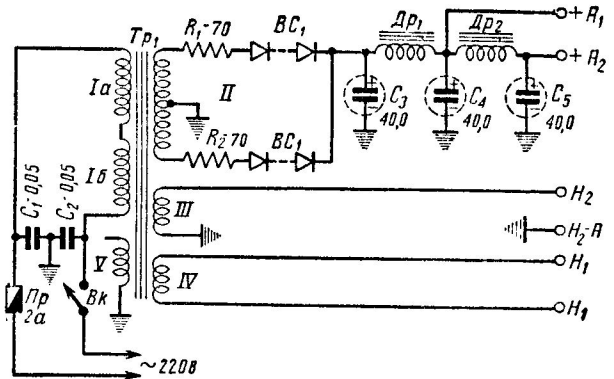


Рис. 3. Принципиальная схема выпрямителя. Данные деталей: трансформатор  $Tr_1$  имеет сердечник из пластин Ш-40, толщина набора 60 мм; обмотка Ia и Ib содержат по 264 витка ПЭЛ-1 0,64, обмотка II — 700 + 700 витков ПЭЛ-1 0,35, обмотки III и IV — по 16 витков ПЭЛ-1 1,1, обмотка V — один слой провода ПЭЛ-1 0,35. Дроссель  $Dr_1$  выполнен на сердечнике из пластин Ш-26, толщина набора 26 мм, зазор 0,2 мм. Его катушка намотана до заполнения каркаса проводом ПЭЛ-1 0,35. Дроссель  $Dr_2$  имеет сердечник из пластин Ш-20, толщина набора 20 мм, зазор 0,05 мм. Его катушка намотана до заполнения каркаса проводом ПЭЛ-1 0,15. Выпрямители  $BC_1$ ,  $BC_2$  по 20 шайб диаметром 45 мм

этот усилитель нижних звуковых частот. Изменяя амплитуду напряжения НЧ, эти элементы вызывают изменение фазы усиливаемого сигнала. При этом сдвиг фаз обратно пропорционален усилению данного канала.

Напряжение отрицательной обратной связи усилителей с их выходов подается в цепь катода лампы  $L_{2b}$ . Так как фазы этих напряжений различны, весь усилитель управляется фазой того канала, который для данной частоты дает большее усиление. Благодаря этому обеспечивается разделение частот с крутыми скатами частотных характеристик в области раздела.

На рис. 2 пунктирными линиями показаны частотные характеристики усилителя, когда отрицательная обратная связь в нем не применяется, а сплошной линией — частотные характеристики усилителей, охваченных отрицательной обратной связью. Как видно из приводимых характеристик, такой метод разделения дает такие же результаты, как и разделение частот с помощью специальных фильтров и дополнительных разделительных каскадов. Однако в рассматриваемом случае схема усилителя значительно упрощается, а введение отрицательной обратной связи улучшает характеристики усилителя.

Усилитель канала нижних частот — трехкаскадный. Первый каскад — усилитель напряжения — собран на левом по схеме триоде лампы  $L_3$ . Второй — инверсный каскад — работает на правом триоде этой лампы. Оконечный каскад выполнен по двухтактной схеме. В нем используются мощные триоды 6С4С ( $L_4$  и  $L_5$ ) с малым внутренним сопротивлением.

В канале усиления верхних частот работают две лампы —  $L_6$  и  $L_7$ . Выходной трансформатор имеет небольшую индуктивность рассеивания, благодаря чему усилитель вносит малые частотные искажения в области верхних частот и устойчиво работает при глубине отрицательной обратной связи до 20 дб.

Выпрямитель (рис. 3) для питания усилителя собран на селеновых столбиках по двухполупериодной схеме. Его силовой трансформатор выполнен с некоторым за-

пасом по мощности. Это сделано для того, чтобы от выпрямителя одновременно с усилителем можно было питать многоламповый радиоприемник.

## МОНТАЖ

Усилитель собран на шасси размерами  $310 \times 160 \times 40$  мм, сделанном из листовой стали толщиной 1 мм. Монтаж усилителя должен быть выполнен по возможности прямыми короткими проводниками. Постоянные сопротивления и конденсаторы рекомендуется монтировать на специальной изоляционной планке с прикрепленными к ней контактными лепестками и разместить эти детали так, чтобы они находились возможно ближе к лампам, к которым должны быть подключены.

Данные выходных трансформаторов приведены на рис. 4. При намотке трансформаторов витки провода необходимо укладывать ровными рядами. Вместо стали ХВП для сердечников можно применять трансформаторную сталь марки ХТ или ВП. После сборки трансформаторы нужно пропитать в горячем парафине или церезине. Кроме того, для предохранения от механических повреждений трансформаторы рекомендуется заключить в металлические кожухи (рис. 5). Следует иметь в виду, что от того, насколько аккуратно выполнены трансформаторы, во многом зависит качество работы усилителя.

При отсутствии сдвоенного переменного сопротивления следует механически соединить два одинарных переменных сопротивления (см. «Радио» № 6 за 1953 год).

Корректирующий фильтр помещен около звукоусилителя. Детали корректирующего фильтра заключены в экран размерами  $60 \times 60 \times 40$  мм, изготовленный из белой жести. Фильтр соединяется с усилителем отрезком высокочастотного коаксиального кабеля типа РК-1 длиной не более 1 м.

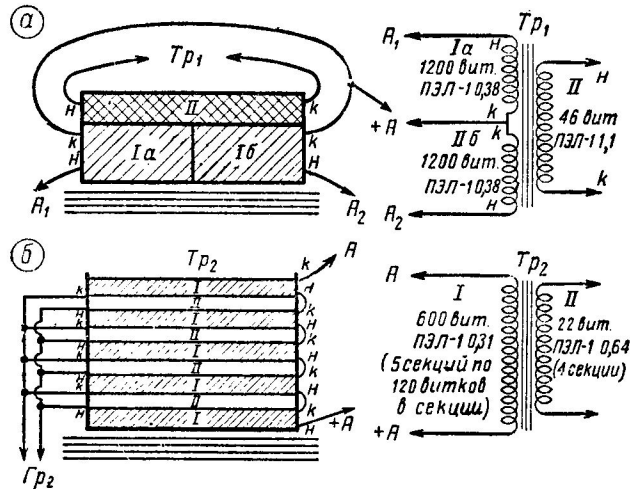


Рис. 4. Выходные трансформаторы усилителя: а — усилителя нижних частот, б — усилителя верхних частот. Трансформатор  $Tr_1$  имеет сердечник без зазора из пластин ХВПШ-20 с окном  $17 \times 55$  мм, набранных в пакет толщиной 30 мм. Направление витков обмоток Iа и Iб противоположное. Сердечник трансформатора  $Tr_2$  выполнен из пластин ХВПШ-15 с окном  $13 \times 40$  мм, набранных в пакет толщиной 15 мм, и собран встык с прокладкой из кабельной бумаги толщиной 0,1 мм. Секции обмотки I соединены последовательно, а обмотки II параллельно. Обмотки II рассчитаны на громкоговорители с сопротивлением звуковых катушек по 2 ома

## РЕГУЛИРОВКА

Усилитель может быть хорошо отрегулирован и налажен только при наличии измерительных приборов.

Прежде всего следует проверить режим работы ламп. Измерения напряжений на их электродах следует производить при отключенных цепях отрицательной обратной связи и замкнутых накоротко входах усилителя. Указанные на принципиальной схеме усилителя напряжения измерены ламповым вольтметром постоянного тока, имеющим входное сопротивление 12 мгом. Вследствие разброса величин отдельных сопротивлений и данных радиоламп напряжения на их электродах могут несколько отличаться от указанных на схеме.

После проверки режима ламп надо произвести статическую балансировку оконечного каскада канала нижних частот. Для этого параллельно первичной обмотке трансформатора  $Tr_1$  включают высокоомный вольтметр постоянного тока чувствительностью не ниже 3 в на всю шкалу. Движок потенциометра  $R_{32}$  устанавливают в такое положение, при котором напряжение между анодами ламп  $L_4$  и  $L_5$  равно нулю. В этом случае анодные токи ламп будут равны между собой, и постоянная составляющая подмагничивания сердечника будет отсутствовать. Если даже при крайних положениях движка этого потенциометра каскад не сбалансируется, следует сменить одну из ламп 6С4С. Балансировку необходимо повторять после каждой смены ламп, а также после 150—200 часов работы усилителя.

Далее следует проверить частотную характеристику усилителя. Для этого необходимо иметь звуковой генератор типа ЗГ-2А и ламповый вольтметр переменного тока типа ЛВ-9.

К выходам усилителя подключают громкоговорители, с которыми усилитель в дальнейшем будет работать. Производить измерения с активными эквивалентными сопротивлениями, подключенными вместо громкоговорителей, не следует, так как полученные при этом результаты не будут соответствовать действительным данным усилителя.

Цепи отрицательной обратной связи отключают и снимают частотную характеристику канала нижних частот. При этом, поддерживая неизменным напряжение, подводимое от звукового генератора (не выше 2 в), изменяют его частотную характеристику в пределах от 30 до 3000 гц. Далее снимают частотную характеристику канала верхних частот. При неизменном напряжении, поддерживаемом на выходе звукового генератора (2 в), генератор перестраивается на частоты от 300 до 20 000 гц. Частотные характеристики усилителя должны быть подобны характеристикам, изображенным пунктирной линией на рис. 2.

Далее напряжение НЧ, подводимое от звукового генератора, устанавливают минимальным, величину сопротивления  $R_{20}$  делают равной 7 ом, к громкоговорителю  $Gr_1$  подсоединяют ламповый вольтметр переменного тока и включают цепи отрицательной обратной связи. Если напряженне отрицательной обратной связи подается в нужной фазе, фон на выходе усилителя после подключения сопротивления  $R_{33}$  уменьшается в несколько раз. Возможно, что после подключения этого сопротивления возникнет паразитная генерация, обнаруживаемая по повышению напряжения фона на выходе усилителя, а также по периодическим колебаниям диффузора громкоговорителя с частотой 3—5 гц. В случае ее появления надо поменять местами выводы обмоток трансформатора  $Tr_1$ .

Устранив паразитную генерацию в усилителе нижних частот, проверяют усилитель верхних частот. Для этого ламповый вольтметр подсоединяют к звуковой катушке громкоговорителя  $Gr_2$  и вводят сопротивление  $R_{34}$ . В случае возникновения генерации, которую можно так-

же обнаружить по повышению напряжения фона на выходе усилителя после включения цепи отрицательной обратной связи, надо поменять места выводы одной из обмоток трансформатора  $Tr_2$ .

Дальнейшую регулировку усилителя производят лишь после устранения самовозбуждения. Усилитель не должен самовозбуждаться в случае отключения одного или обоих громкоговорителей. Если указанными переключениями выводов обмоток выходных трансформаторов самовозбуждение устранить не удается, то это показывает, что индуктивность обмоток  $Ia$  и  $Ib$  трансформатора  $Tr_1$  мала или индуктивность рассеивания обмотки  $I$  трансформатора  $Tr_2$  велика.

После устранения самовозбуждения следует окончательно подобрать величины сопротивления  $R_{20}$ , определяющего глубину отрицательной обратной связи. С этой целью нужно проверить частотные характеристики усилителя раздельно по каналам верхних и нижних частот. Частотные характеристики усилителя должны соответствовать характеристикам, изображенным на рис. 2 сплошной линией. Если частотные характеристики недостаточно прямолинейны, следует несколько увеличить глубину отрицательной обратной связи, увеличив сопротивление  $R_{20}$ . Однако чрезмерно увеличивать отрицательную обратную связь не следует, так как это повлечет за собой снижение чувствительности усилителя. Глубина отрицательной обратной связи на крайних частотах звукового диапазона должна лежать в пределах 18—20 дБ.

После того как будет достигнута необходимая линейность частотных характеристик, следует выравнивать усиление по каналам. Для этого напряженно, имеющее частоту 400 гц, подают на сетку лампы  $L_{26}$  и устанавливают на выходе низкочастотного канала напряжение равным 1 в. Затем, не изменяя напряжения, подводящего от звукового генератора, повышают его частоту до 5000 гц и измеряют напряжение на выходе высокочастотного канала. Оно также должно быть равно 1 в. В случае если напряжение не равно указанному, следует изменить величину сопротивления  $R_{37}$ , подобрав его так, чтобы напряжение на выходе стало равным 1 в.

Описанный выше способ выравнивания усиления по каналам применим в том случае, если звуковые катушки громкоговорителей имеют одинаковое сопротивление. В том случае когда сопротивления звуковых катушек различны, следует подсчитать значения выходных напряжений, соответствующих равной мощности. Если на выходе канала нижних частот устанавливать напряжение 1 в, то напряжение на выходе канала верхних частот может быть определено по формуле

$$U_B = \sqrt{\frac{R_B}{R_H}},$$

где  $U_B$  — напряжение на выходе усилителя верхних частот,  $R_B$  — сопротивление звуковой катушки громкоговорителя верхних частот,  $R_H$  — сопротивление звуковой катушки громкоговорителя нижних частот.

Выравнив усиление каналов, снимают частотные характеристики усилителя и определяют частоту раздела между каналами (точка  $a$  пересечения частотных характеристик на рис. 2). Частота раздела должна быть около 800 гц. Точка пересечения частотных характеристик расположена на 3 дБ ниже среднего значения частотных характеристик. Если усиление на частоте раздела отличается от указанного, его следует свести к нужному уровню, подобрав емкость переходного конденсатора  $C_{92}$ . С уменьшением этой емкости частота раздела будет сдвигаться в сторону более высоких частот, а усиление на частоте раздела будет уменьшаться. При вычерчивании частотных характеристик, в случае если со-

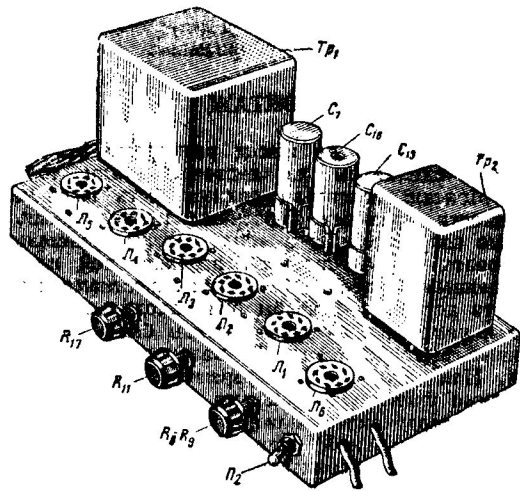


Рис. 5. Общий вид шасси двухканального усилителя

противления звуковых катушек громкоговорителей различны, уровнем, соответствующим «0 дБ» для каждого канала, следует считать такие напряжения на выходе, при которых усилители имеют равную мощность.

После того как частотные характеристики усилителя откорректированы, следует проверить работу регуляторов тембра. Для этого звуковой генератор, настроенный на частоту 60 гц, присоединяют ко входу «Радио», а к выходу усилителя нижних частот подключают ламповый вольтметр. Затем, установив регулятор тембра нижних частот ( $R_{17}$ ) в положение максимального подъема этих частот, с помощью регулятора громкости устанавливают напряжение на выходе усилителя равным 2 в. Потом регулятор тембра нижних частот переводят в положение, соответствующее минимуму пропускания нижних частот. При этом напряжении на выходе усилителя должно уменьшиться до 0,1 в.

Далее, установив частоту звукового генератора равной 10 000 гц и подключив ламповый вольтметр к выходу усилителя верхних частот, таким же методом проверяют работу регулятора тембра верхних частот  $R_{11}$ .

На частоте 1 000 гц при установке обоих регуляторов тембра в любые крайние положения напряжение на выходах усилителей не должно изменяться более чем на 15%.

Для проверки уровня фона входы усилителя замыкают накоротко, регуляторы тембра и громкости ставят на максимум, а переключатель  $П_2$  переводят в положение «Г». Затем ламповым вольтметром измеряют напряжение фона на выходах усилителя. На выходе усилителя нижних частот оно должно быть не более 0,02 в, а на выходе усилителя верхних частот — не более 0,015 в.

Повышенный уровень фона может быть вызван плохой фильтрацией анодного напряжения, плохими лампами, а также непосредственной наводкой переменного тока на цепи управляющих сеток ламп первых каскадов усилителя.

В хорошо отрегулированном усилителе фон не должен быть слышен на расстоянии 15—20 см от громкоговорителя  $Gr_1$  и на расстоянии 10—15 см от громкоговорителя  $Gr_2$ .

Коэффициент гармоник усилителя может быть достаточно точно определен только с помощью анализатора гармоник.