

Температура баллонов ламп может достигать 100–200 °С, поэтому для них необходимо предусмотреть возможность эффективной вентиляции. При использовании дерева для изготовления корпуса лампы следует располагать на достаточном удалении от деревянных частей.

Все эти соображения учитываются при компоновке, которую приходится иногда проводить несколько раз, чтобы обеспечить простоту и надежность изделия.

После определения взаимного расположения всех узлов усилителя и способа их крепления вокруг них вычерчиваются контуры корпуса, определяются его габаритные размеры и все необходимые технологические отверстия. Далее, исходя из компоновочного чертежа, вычерчиваются рабочие чертежи корпуса и трансформаторных кожухов.

### **3. ТРИОДНЫЙ ДВУХТАКТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТЬЮ 8 Вт**

Усилитель на рис. 24 конструктивно весьма прост и доступен в повторении любому радиолюбителю и обладает тем не менее очень красивым звуком. Он прост в налаживании, надежен в работе и собран из недефицитных деталей, что является немаловажным фактором при повторении и тем более при ремонте и замене деталей усилителя. Можно сказать, что применение недефицитных комплектующих и являлось главным критерием при разработке данного аппарата. В качестве силового и выходных трансформаторов можно применить стандартные изделия.

Оконечные каскады на триодах обладают низким уровнем нелинейных искажений даже без введения обратной отрицательной связи, малым выходным сопротивлением, благодаря чему уменьшаются переходные искажения и могут быть существенно сокращены габариты выходных трансформаторов. Большим достоинством триодов является и то, что при значительных отклонениях величины анодной нагрузки от оптимальных значений характеристики усилителей меняются мало. Так, описываемый усилитель может работать на нагрузку сопротивлением 2–10 Ом без заметного снижения мощности и роста искажений, что предоставляет большую свободу в выборе акустических систем.

Усилитель построен по классической схеме и имеет три каскада усиления – предварительный каскад на половине двойного триода 6Н2П (Л1.1), фазоинвертор на основе катодного повторителя на другой половине двойного триода (Л1.2) и двухтактный выходной каскад на двойных триодах 6Н6П. Применение в выходном каскаде двойных триодов 6Н6П, помимо уменьшения габаритов, позволяет добиться большей симметричности сигнала, поскольку двойные триоды имеют большую идентичность параметров, чем два независимых триода. Для увеличения выходной мощности в выходном

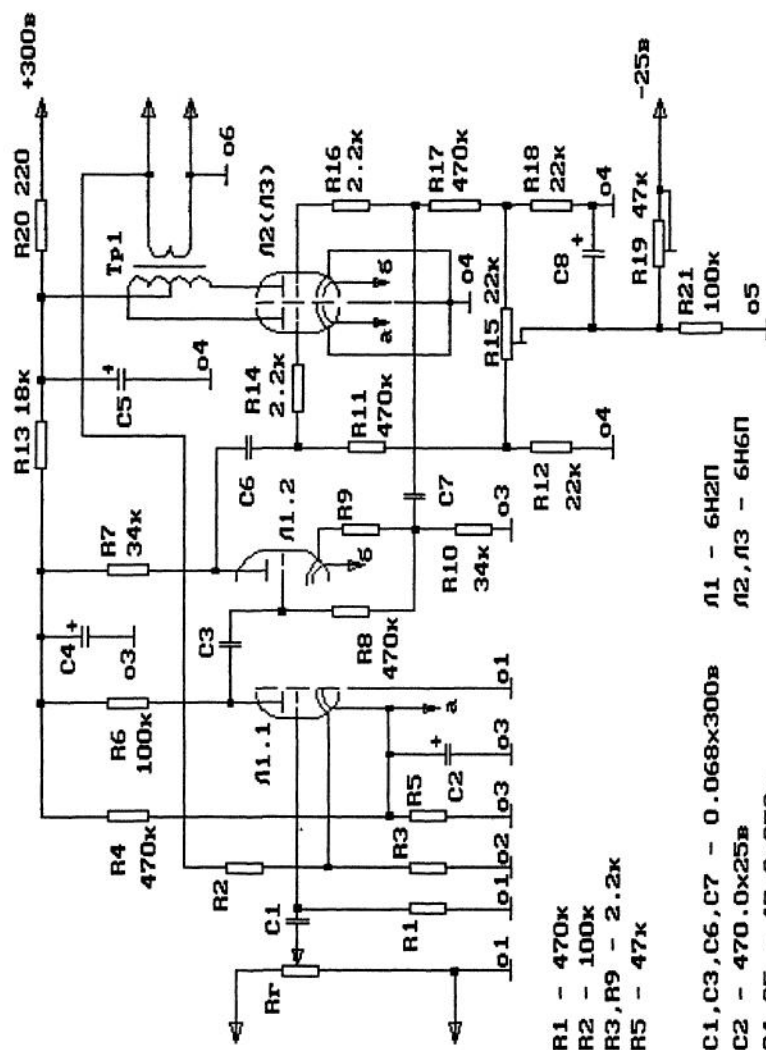


Рис. 24. Триодный двухтактный усилитель

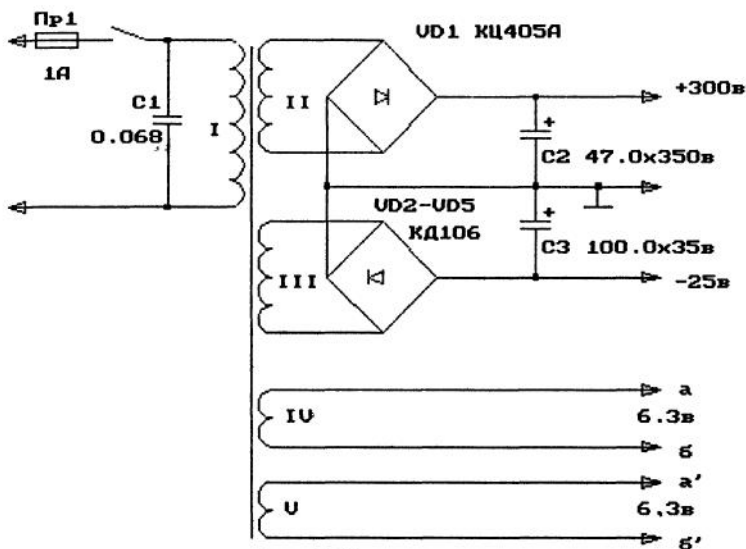


Рис. 25. Блок питания

каскаде применено параллельное включение ламп Л2 и Л3. Лампа Л3 на схеме рис. 24 условно не показана. Усилитель охвачен общей отрицательной обратной связью, вводимой в катодную цепь входного каскада через резистор R2, что позволяет снизить нелинейные искажения до 0,7–1%.

Для повышения КПД и избежания потерь мощности на катодных резисторах фиксированное напряжение смещения на сетки ламп выходного каскада подается от отдельного источника отрицательного напряжения. Чтобы устранить протекание постоянного тока через первичную обмотку выходного трансформатора из-за неидентичности параметров выходных ламп, выходной каскад балансируется резистором R15 по нулевому падению напряжения на анодах выходных ламп. Данную операцию желательно производить периодически по мере износа ламп и обязательно при их замене. Резистором R19 устанавливается ток покоя выходного каскада.

Фазоинвертор, выполненный на лампе Л1.2, представляет собой каскад с расщепленной нагрузкой. Достоинством такой схемы является высокая симметричность полувольт сигнала при равенстве анодного и катодного сопротивлений нагрузок. Эти сопротивления должны иметь разброс не более 0,5–1%. Симметричность расщепленного сигнала сохраняется при износе лампы и при ее замене. Ослабление сигнала в фазоинверторе в данном случае компенсируется сравнительно большим коэффициентом усиления ламп выходного каскада.

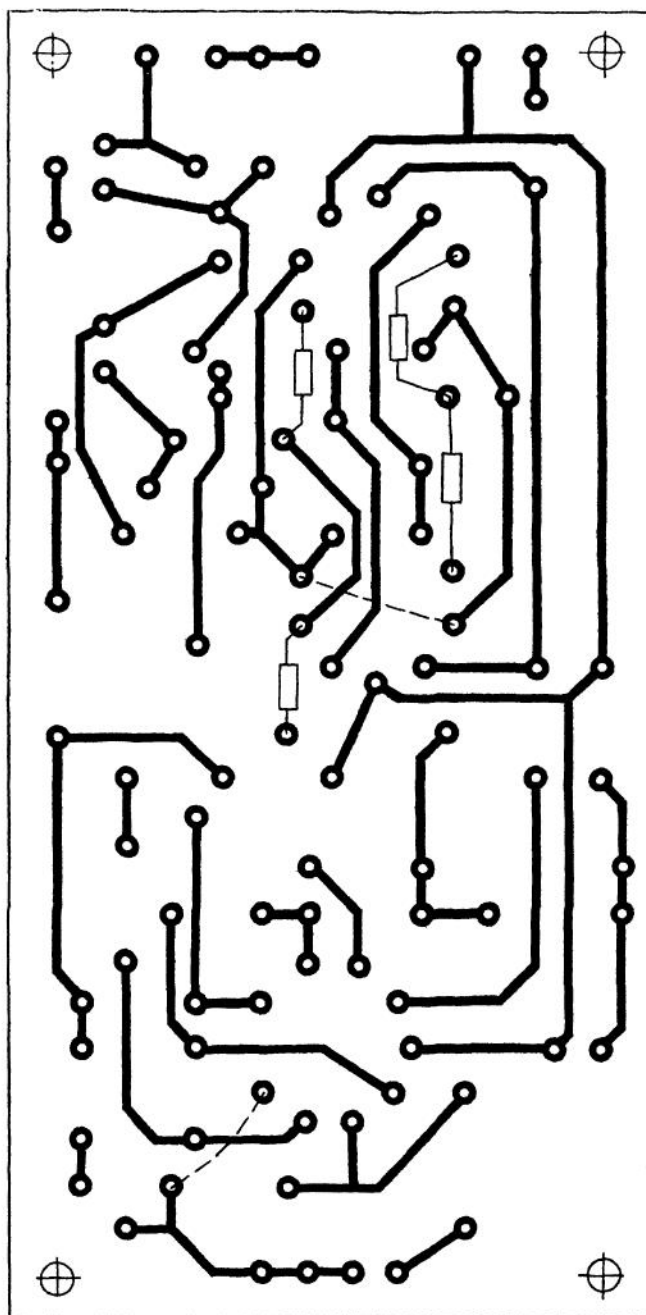


Рис. 26. Плата усилителя

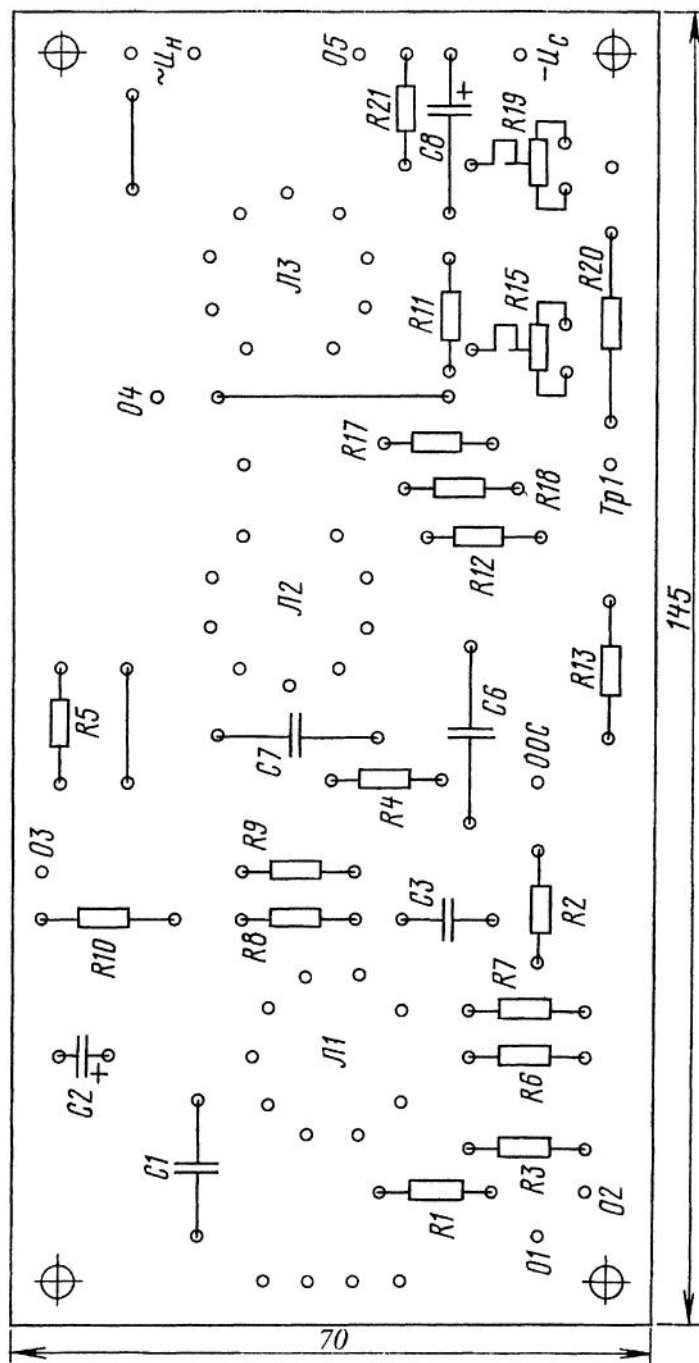


Рис. 26. (Окончание)

Входной каскад усиления выполнен по схеме с общим катодом и особенностей не имеет. Его назначение – усиление входного сигнала до уровня, необходимого для работы выходного каскада. Полоса пропускания входного каскада при указанном сопротивлении анодной нагрузки составляет не менее 50 кГц.

Оба канала усилителя питаются от общего блока питания, схема которого приведена на рис. 25.

Усилители и выпрямители блока питания собраны на печатных платах, изображенных на рис. 26 и 27.

Качество звучания усилителя в наибольшей степени зависит от подбора комплектующих и рационального монтажа. Разделительные конденсаторы С6 и С7 на входе выходного каскада следует подобрать так, чтобы отличие их емкостей не превышало 5%. Эти конденсаторы совместно с сеточными резисторами образуют частотно зависимые делители. Различие емкостей приведет к тому, что на самых низких частотах полуволны сигнала окажутся разными по амплитуде, т.е. возникнут нелинейные искажения. Сеточные резисторы выходного каскада также желательно подобрать с точностью 1–2%.

В качестве разделительных емкостей применены конденсаторы типа К73-11. Конденсаторы С4, С5 усилителя и С2 в блоке выпрямителей – электролитические конденсаторы типа К50-27. Все остальные – типа "Jamicon" или другие электролитические конденсаторы. Все резисторы – типа МЛТ, С2-14, С2-33. Конденсаторы фильтров питания С4 и С5 устанавливаются на платы усилителей со стороны печатных проводников. Резисторы R14 и R16 (R14 и R16 для лампы Л3) также устанавливаются со стороны печатных проводников и припаиваются непосредственно к контактам ламповых панелей так, как это показано на чертеже платы усилителя рис. 26. В качестве ламповых панелей используются керамические панельки типа ПЛК-9. В крайнем случае можно использовать пластмассовые панельки типа ПЛП-9. Входные гнезда – типа RCA или "тюльпан".

Силовой трансформатор можно использовать готовый – ТАН-51 или намотать самодельный на сердечнике сечением 9–10 см<sup>2</sup>.

В этом случае первичная обмотка должна иметь 1200 витков провода диаметром 0,33 мм, вторичная – 1350 витков провода диаметром 0,27 мм, третья обмотка – 100 витков провода диаметром 0,1 мм, четвертая и пятая – по 34 витка провода диаметром 1 мм.

Выходные трансформаторы – стандартные ТВЗ-1-6, от ламповых телевизоров. Их первичная обмотка состоит из двух секций по 1250 витков провода диаметром 0,1 мм, вторичная – из двух секций по 73 витка провода диаметром 0,5 мм. Сначала наматывается одна секция первичной обмотки, затем одна секция вторичной, затем

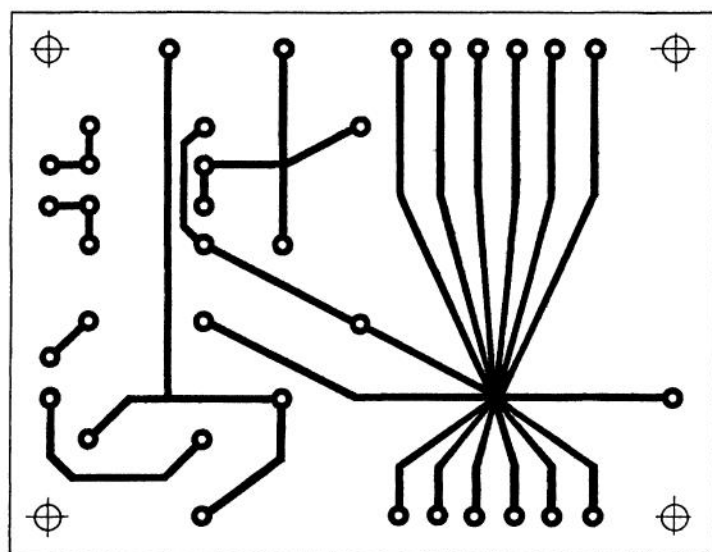
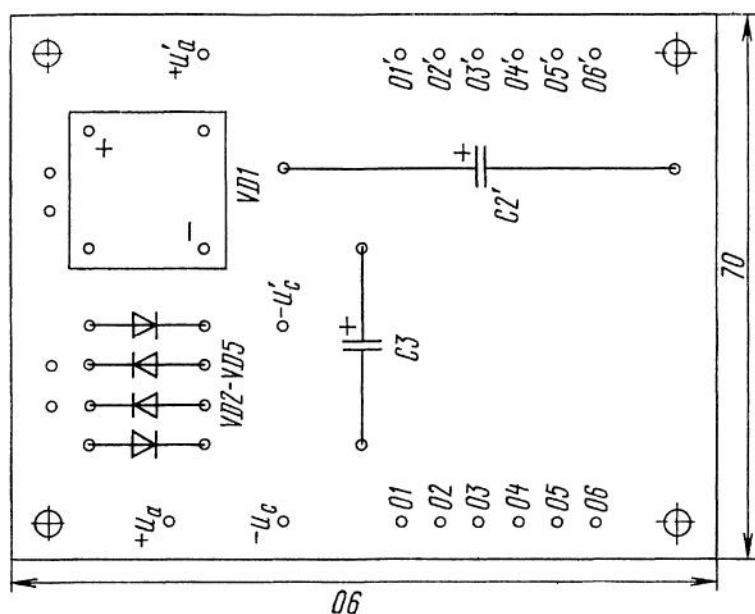
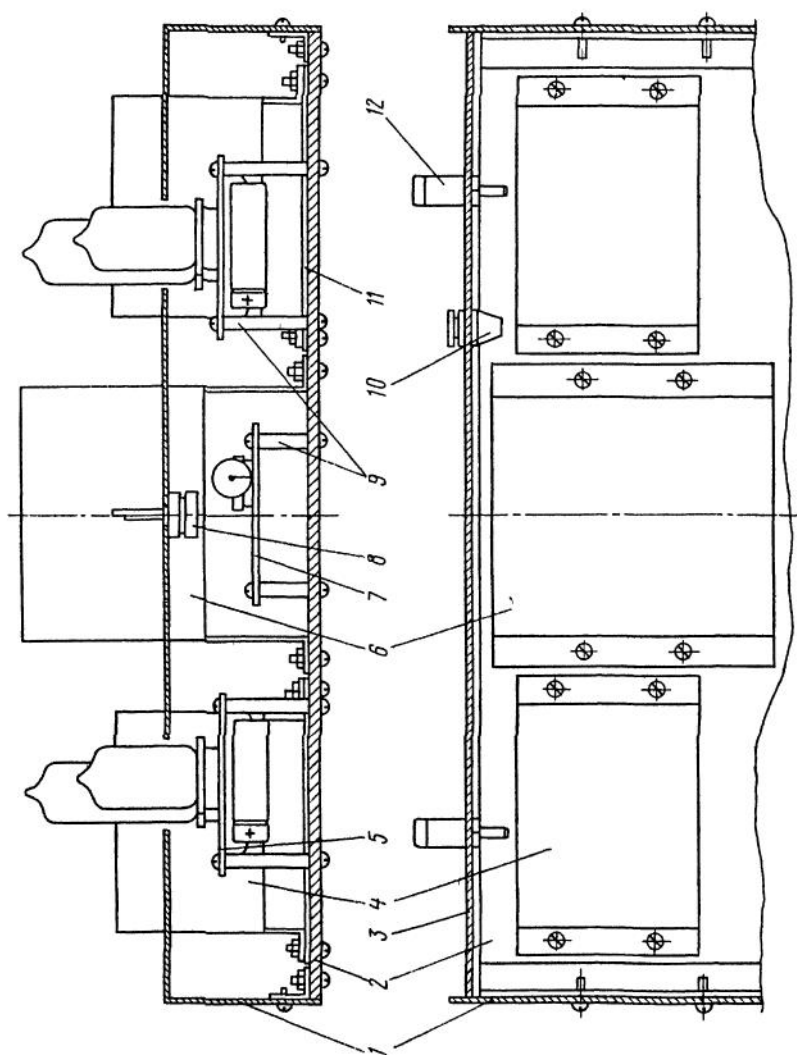


Рис. 27. Плата выпрямителей блока питания





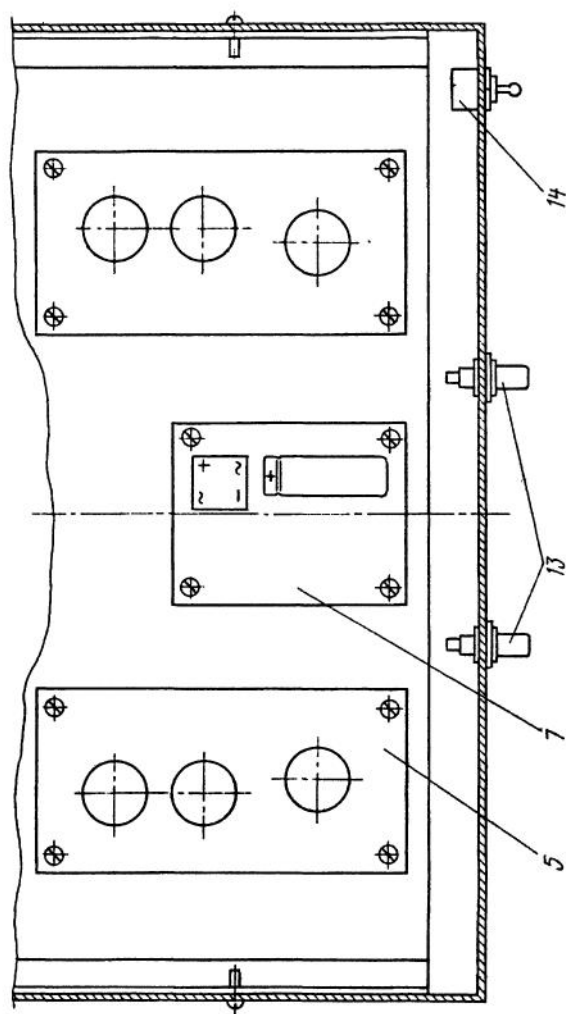
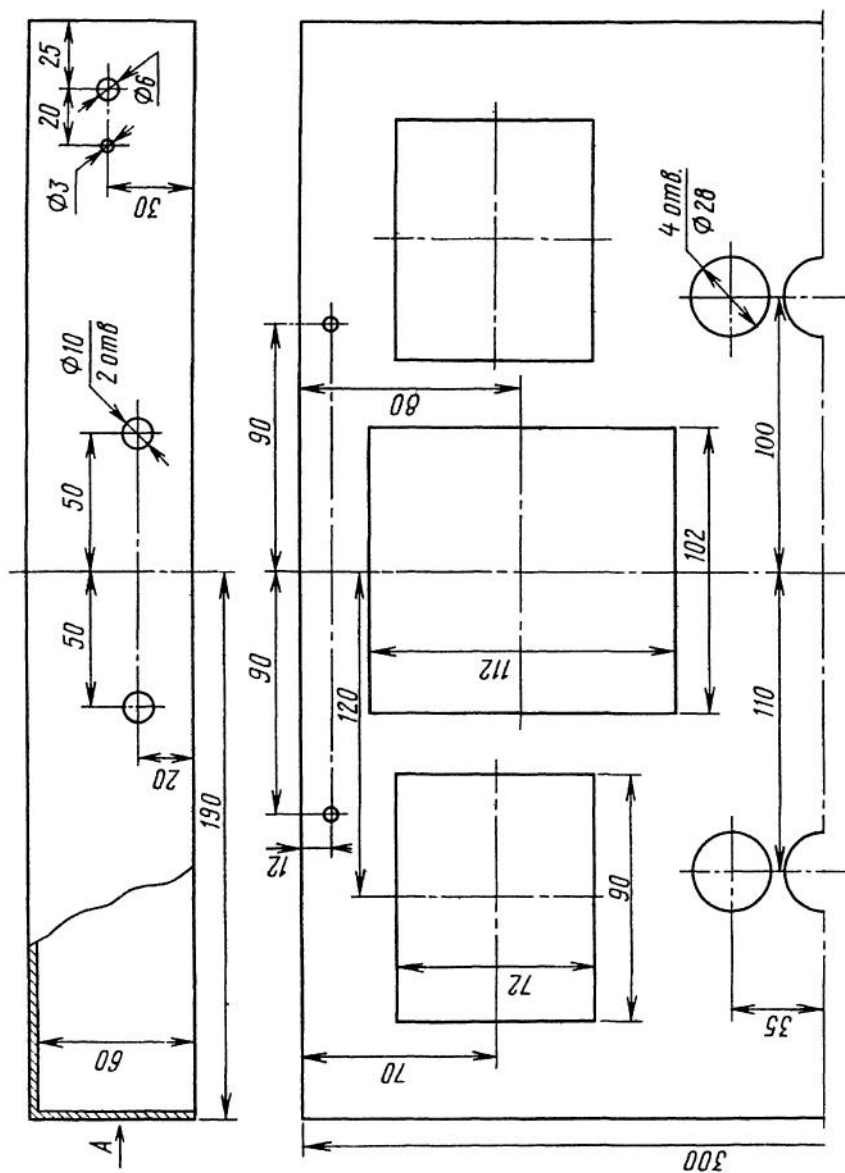


Рис. 28. Компонентный чертеж усилителя:

- 1 – крышка корпуса; 2 – днище корпуса; 3 – задняя стенка; 4 – выходной трансформатор, 5 – плата усилителя; 6 – силовой трансформатор; 7 – плата выпрямителей, 8 – регулятор громкости; 9 – монтажная стойка, 10 – гнездо предохранителя; 11 – пластина крепления выходного трансформатора; 12 – разъем выходной; 13 – тумблер питания 14 – тумблер питания



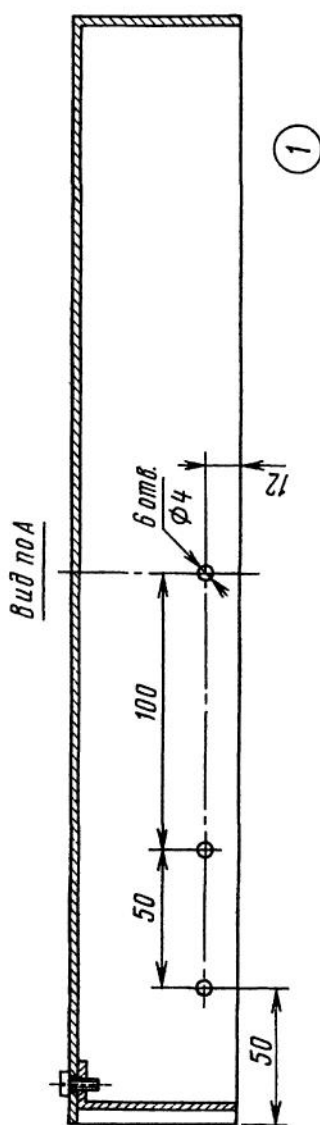
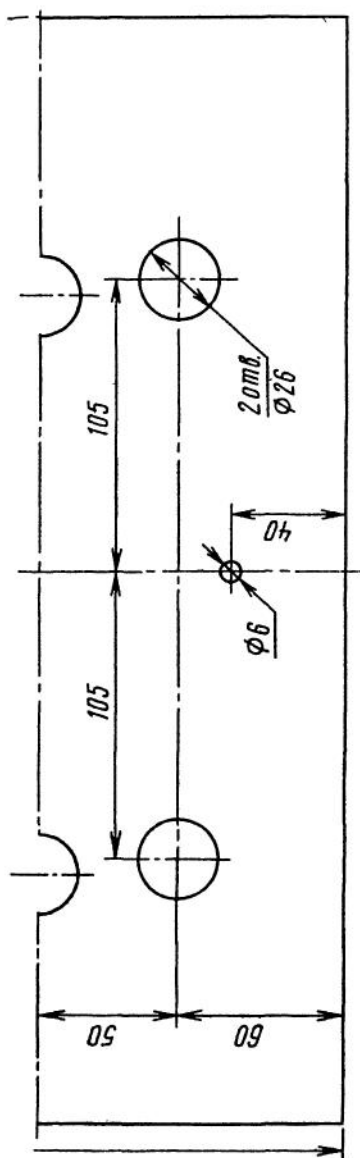


Рис. 29. Чертеж корпуса усилителя:  
1 — крышка; 2 — днище; 3 — задняя стенка

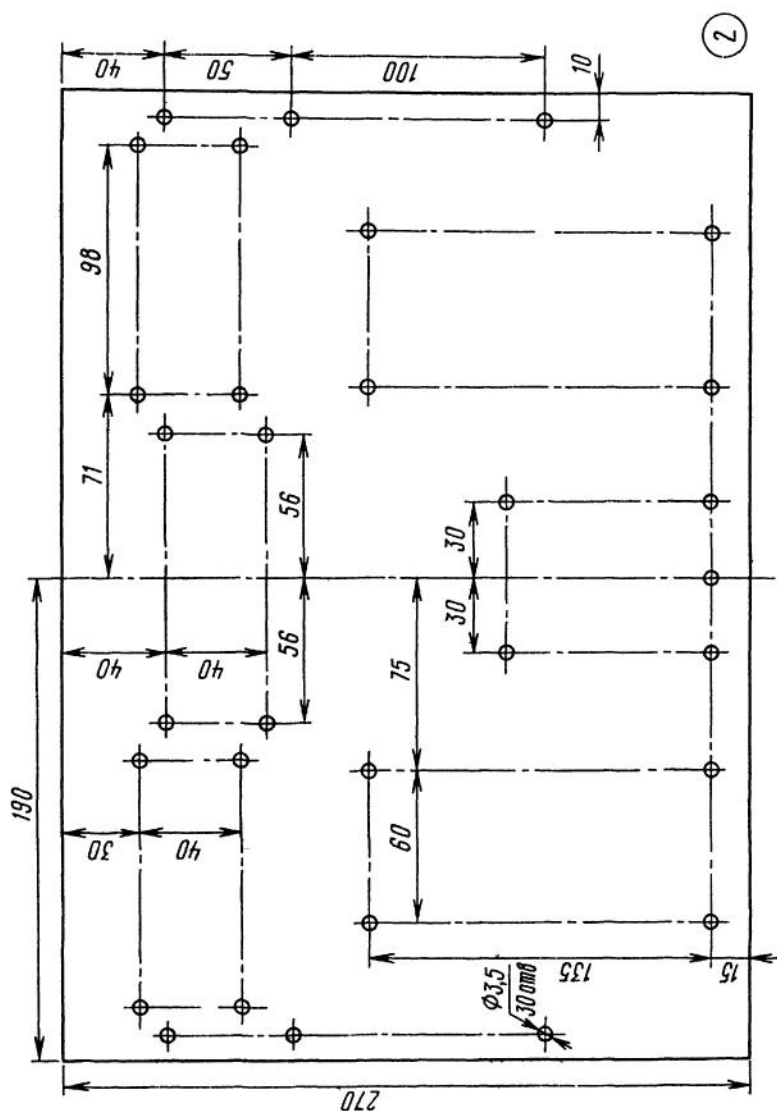


Рис. 29. (Продолжение)

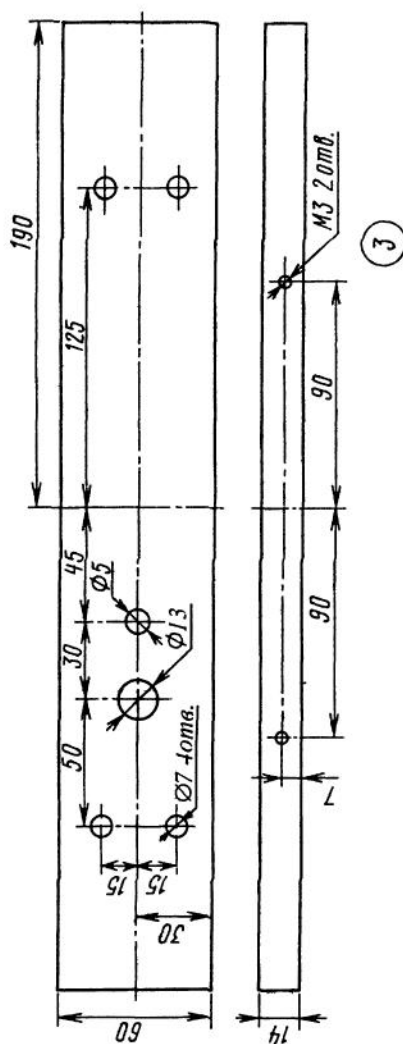


Рис. 29. (Окончание)

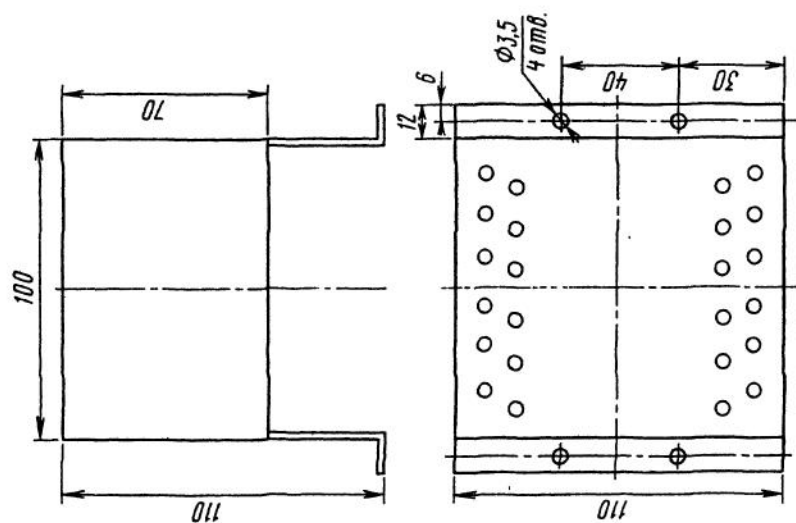


Рис. 30. Чертеж кожуха силового трансформатора

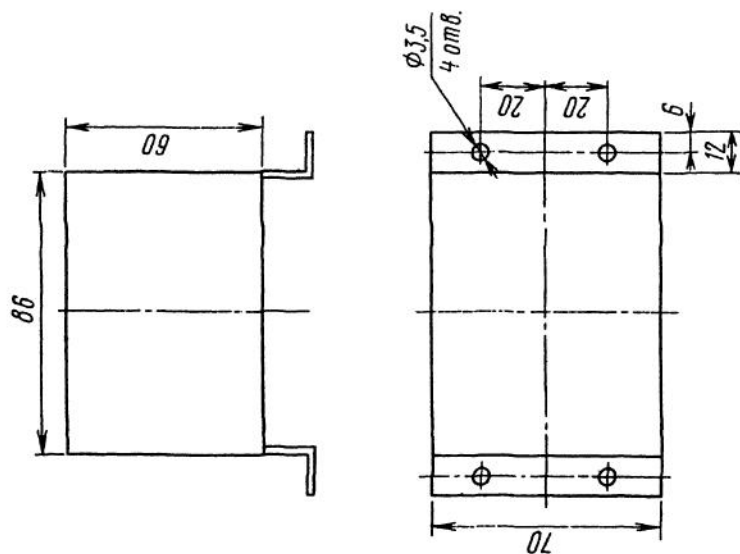


Рис. 31. Чертеж кожуха выходного трансформатора

опять первичная и опять вторичная. Секции первичной обмотки соединены последовательно, а вторичной – параллельно. Сечение сердечника  $5,75 \text{ см}^2$ .

Для снижения перекрестных искажений и наводок все каскады усилителя, входные и выходные цепи соединены с источником питания отдельными проводниками, что условно показано на схеме рис.24 обозначениями О1-О6. Объединение общих проводов не допускается. Соединение регулятора громкости с входными разъемами и с платами выполнено незранированными витыми парами. Эти пары оказывают влияние на АЧХ усилителя. Подбором числа витков и длины витых пар корректируется АЧХ усилителя в области средних и высших частот. Экранировать входные провода не рекомендуется, так как усилитель заметно теряет в "прозрачности" звука. В качестве регулятора громкости использован сдвоенный переменный резистор типа СПЗ-4вМ номиналом 470 кОм. Резисторы этого типа обладают заметным преимуществом в передаче звука по сравнению с резисторами других типов.

На рис.28 приведен компоновочный чертеж усилителя, а на рис.29 – чертеж корпуса. В домашних условиях корпус может быть изготовлен из фольгированного текстолита, при этом отдельно вырезаются верхняя, боковые и передняя стенки корпуса и спаиваются между собой. Задняя стенка для удобства делается съемной и крепится к верхней крышке с помощью металлических уголков с резьбой. Днище корпуса несет на себе массивные трансформаторы и должно обладать достаточной прочностью. Его можно изготовить из дюралевой пластины толщиной 3 мм или в крайнем случае из 10-миллиметровой многослойной фанеры. На чертеже днища корпуса не указаны отверстия для крепления силового трансформатора, так как расстояния между этими отверстиями и их размеры определяются типом применяемого трансформатора. Верхняя часть корпуса крепится к днищу с помощью металлических уголков с резьбой. После изготовления корпус окрашивается аэрозольной автоэмалью.

Выходные трансформаторы ТВЗ-1-6 крепятся загибанием лапок, имеющихся на обойме трансформатора, к специальной пластине из мягкого металла или текстолита, а затем вместе с кожухом привинчиваются к днищу корпуса. Силовой трансформатор устанавливается на днище и накрывается экранирующим кожухом. Чертежи кожухов трансформаторов приведены на рис.30–31.

Корпус усилителя и днище, если они изготовлены из металла и фольгированного текстолита, должны быть соединены с общей точкой заземления у минусового вывода конденсатора фильтра выпрямителя.

После изготовления корпуса устанавливаются силовой и выходные трансформаторы и плата выпрямителей. Перед подключе-

нием плат усилителей необходимо проверить питающие напряжения на выходе выпрямителей и накальных обмоток. Напряжение накала не должно превышать номинальное значение более чем на 10%, так как при повышении напряжения накала резко возрастает интенсивность отказа ламп и изменяются основные параметры лампы (крутизна характеристики, внутреннее сопротивление и др.).

После этого присоединяются платы усилителей обоих каналов. При этом резисторы регулировки тока покоя устанавливаются на минимальное сопротивление. Платы усилителей присоединяются к плате выпрямителей пайкой. Применение внутри усилителя разъемов недопустимо из-за того, что они являются источником повышенного шума и наводок.

Из-за того, что усилители питаются от одного источника питания, наблюдается взаимная зависимость их токов покоя, поэтому рекомендуется проводить регулировку усилителя в следующей последовательности: сначала поочередно установить токи покоя обоих усилителей около 55 мА, контролируя токи по падению напряжений на резисторах R20 и добиваясь минимальной разницы. Затем установить на анодах выходных ламп нулевое падение напряжения с помощью балансировочного потенциометра и опять уравнивать токи покоя усилителей.

После окончания регулировки устанавливаются входные и выходные разъемы, тумблер питания и регулятор громкости. В отверстие рядом с тумблером устанавливается светодиод и подключается к цепи накала через резистор сопротивлением 510 Ом.

Предложенную схему усилителя можно немного усовершенствовать, если в качестве фазоинвертора применить фазоинвертор на основе балансного каскада по схеме на рис.7. В этом случае благодаря большому усилению фазоинвертора исключаются входной каскад и один разделительный конденсатор, что благоприятно скажется на величине фазовых искажений на низших частотах.

#### **4. МОСТОВОЙ ДВУХТАКТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТЬЮ 25Вт**

Одной из главных проблем, с которой сталкивается разработчик ламповых усилителей, является изготовление выходных трансформаторов. В то время как силовой трансформатор должен лишь обеспечивать необходимые напряжения и токи и может быть намотан, в крайнем случае даже вручную, выходной трансформатор оказывает огромное влияние на характеристики усилителя. Способ намотки обмоток, размеры сердечника, даже толщина пластин сердечника и толщина прокладок между обмотками – все влияет на такие важные параметры усилителя, как выходная мощность, полоса пропускания частот и нелинейные искажения.