

## УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ЗЧ

Этот усилитель, разработанный С. Филиным, выполнен по схеме (рис. 114), ставшей традиционной для большей части современных транзисторных усилителей ЗЧ: с двухполярным источником питания и дифференциальным каскадом на входе. Такое техническое решение усилителя упрощает его источник питания, так как в фильтре его выпрямителя становится возможным использовать сравнительно низковольтные оксидные конденсаторы, а нагрузку усилителя подключить к его выходу без разделительного конденсатора большой емкости. Такой усилитель относится к радиоаппаратуре повышенной сложности, поэтому рекомендовать его можно в основном лишь кружкам 3-го года занятий.

Номинальная выходная мощность усилителя на нагрузке сопротивлением 4 Ом составляет примерно 20 Вт, диапазон рабочих частот — 16...60000 Гц при неравномерности частотной характеристики на краях диапазона не более 2 дБ. Коэффициент гармоник не превышает 0,5%. Чувствительность усилителя

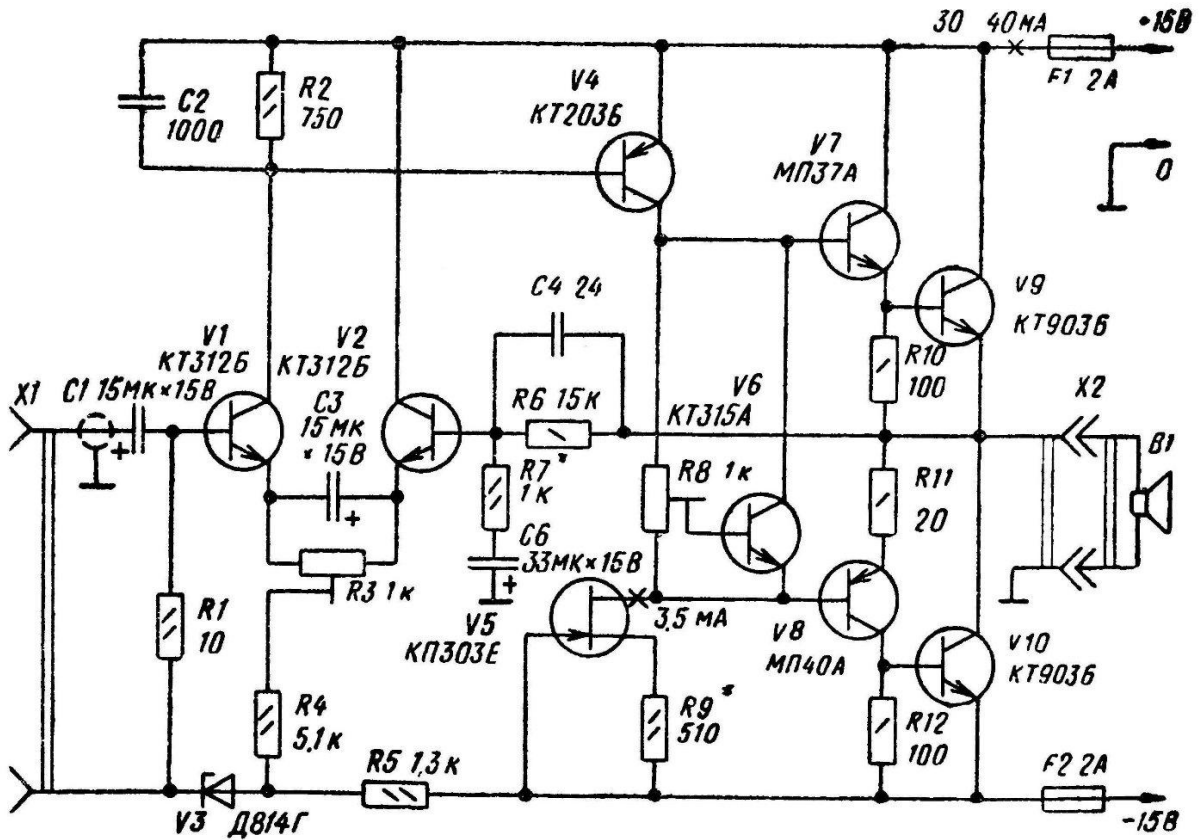


Рис. 114. Принципиальная схема усилителя мощности ЗЧ

при номинальной выходной мощности — 0,8 В. Входное сопротивление усилителя — около 10 кОм, а выходное — менее 1 Ом.

Усилитель питается от нестабилизированного двухполярного источника постоянного тока напряжением  $\pm 15$  В с общей «заземленной» средней точкой. Это нулевая точка усилителя: по отношению к проводникам  $+15$  и  $-15$  В здесь нулевое напряжение, а между ними действует напряжение 30 В. И если любой из этих проводников случайно окажется соединенным с общим нулевым, то на электродах транзисторов противоположного плеча усилителя будет недопустимое для них высокое напряжение, которое может стать причиной выхода их из строя. Эту особенность двухполярного источника питания кружковцы должны хорошо усвоить и не забывать о ней при монтаже и испытании усилителя.

Усилитель четырехкаскадный, с гальванической связью между всеми транзисторами. Его первый каскад на транзисторах  $V1$  и  $V2$  — дифференциальный усилитель. Он необходим для поддержания весьма малого (почти нулевого) постоянного напряжения на звуковой катушке динамической головки (или головок) громкоговорителя  $B1$ , чтобы через нее не проходил

постоянный ток выходного каскада усилителя. Достигается это следующим образом. База транзистора  $V1$  соединена через резистор  $R1$  с общим проводником двухполярного источника питания, а база транзистора  $V2$  — с выходом усилителя (через резистор  $R6$ ). Как только на выходе усилителя появится отличное от нуля постоянное напряжение, усиленный дифференциальным каскадом сигнал рассогласования поступит на последующие каскады и изменит их режим работы так, чтобы постоянное напряжение на выходе усилителя стало нулевым. Если параметры транзисторов  $V1$  и  $V2$  идентичны, а сами транзисторы работают при одинаковой температуре, то напряжение на выходе усилителя по отношению к общему проводу будет равно нулю. В этом случае через нагрузку не протекает постоянный ток и, следовательно, разделительного конденсатора в цепи нагрузки может не быть. А чтобы режим работы дифференциального каскада оставался стабильным, питание эмиттерных цепей его транзисторов стабилизируется стабилизатором  $V3$ .

При налаживании усилителя режим работы дифференциального каскада по постоянному току устанавливают подстроечным резистором  $R3$ . Шунтирующий его конденсатор  $C3$  улучшает стабильность работы каскада по переменному току. Особенно это ощущается при значительных пульсациях питающего напряжения или колебаниях напряжения сети переменного тока более чем на 10%. В принципе же этот конденсатор можно исключить, что практически не скажется на основных технических данных усилителя. Однако, учитывая возможность появления дестабилизирующих причин, которые могут возникнуть при эксплуатации усилителя, его лучше все же оставить.

С резистора  $R2$ , являющегося нагрузкой дифференциального каскада, сигнал 34 поступает на базу транзистора  $V4$  усилителя напряжения. В коллекторную цепь этого транзистора включен полевой транзистор  $V5$ , работающий как стабилизатор тока в этой цепи и как нагрузка транзистора. Стабилизатор тока уменьшает нелинейные искажения и позволяет получить сигнал на нагрузке усилителя с максимальной неискаженной амплитудой, близкой к напряжению источника питания.

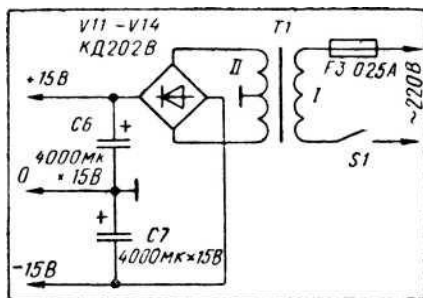


Рис. 115. Схема блока питания усилителя

С коллектора транзистора  $V4$  усиленный сигнал поступает на вход двухкаскадного усилителя мощности на транзисторах  $V7$ — $V10$ , а с его выхода непосредственно на громкоговоритель  $B1$ , которым преобразуется в звуковые колебания. Транзистор  $V6$  обеспечивает необходимое начальное напряжение смещения на базах транзисторов  $V7$  и  $V8$ , что устраняет искажения типа «ступенька», а также термостабилизирует рабочие токи этих транзисторов. Ток покоя выходных транзисторов усилителя устанавливают подстроечным резистором  $R8$ .

Усилитель имеет глубокую отрицательную обратную связь — через ячейку  $R6C4$  и цепочку  $R7C5$ . Ее глубину по переменному току устанавливают путем подбора резистора  $R7$ . Конденсатор  $C4$  в этой цепи ограничивает ток, потребляемый усилителем на высших звуковых частотах, и предотвращает его самовозбуждение. Такую же функцию выполняет и конденсатор  $C2$ , шунтирующий нагрузочный резистор  $R2$  дифференциального каскада.

Питается усилитель от двухполупериодного выпрямителя, схема которого показана на рисунке 115. Оксидные конденсаторы  $C6$  и  $C7$  сглаживают пульсации выпрямленного напряжения и одновременно делят его на два равнозначных плеча. Средняя точка между ними и один из выводов нагрузки  $B1$  соединены общим проводом, что практически эквивалентно двум отдельным источникам постоянного тока. Для защиты выходных транзисторов усилителя и выпрямителя от перегрузок и коротких замыканий на выходе усилителя, в цепи питания включены плавкие предохранители  $F1$  и  $F2$ .

Большая часть деталей усилителя смонтирована на печатной плате размерами 90X45 мм (рис. 116), изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Транзисторы  $V9$  и  $V10$  выходного каскада усилителя установлены на готовых ребристых радиаторах, имеющихся в магазинах радиотоваров. Все постоянные резисторы типа МЛТ, подстроечные  $R3$  и  $R8$  — СП5 3 (можно использовать СП-0,5, СП3-16 и др.). Оксидные конденсаторы  $C1$ ,  $C3$  и  $C5$  типа К53-4 (можно использовать К50-6),  $C6$  и  $C7$  — К50-6. Конденсаторы  $C2$  и  $C4$  — КТ (можно использовать КД, КМ).

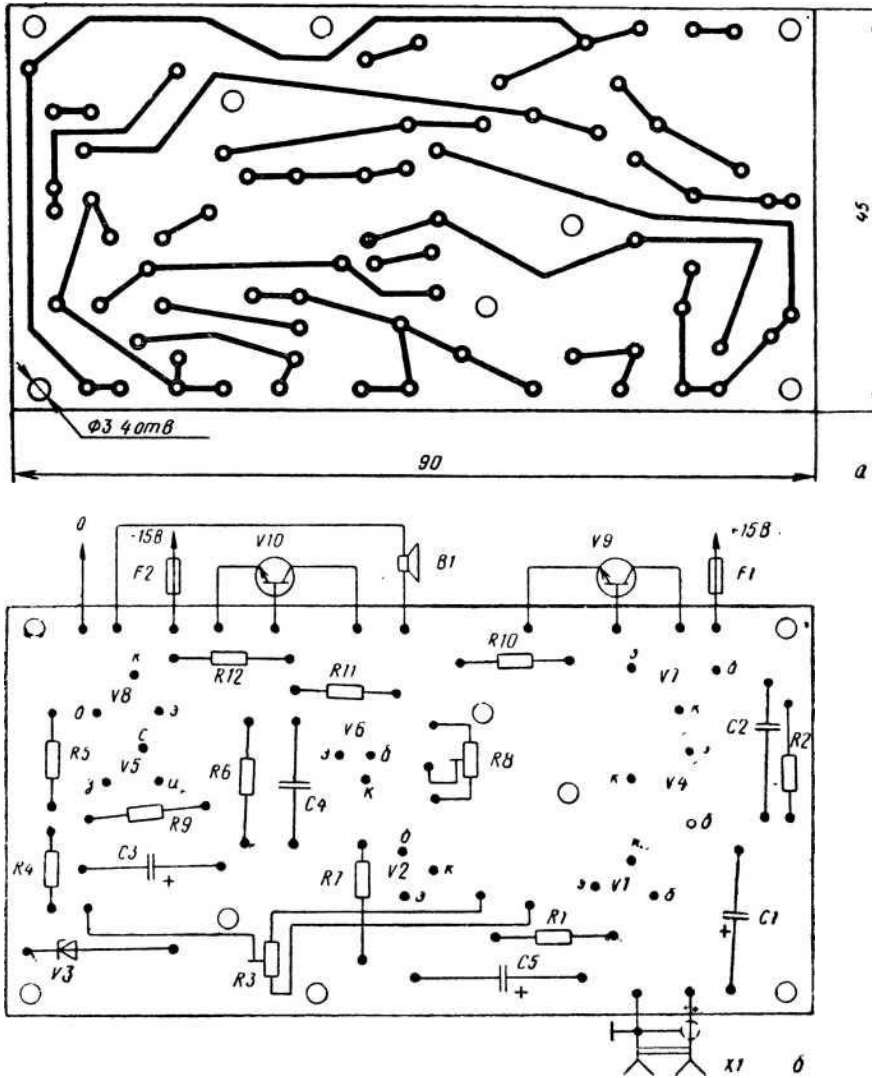


Рис. 116. Печатная плата усилителя (а) и монтаж деталей на ней (б)

Полевой транзистор  $V5$ , работающий как стабилизатор тока, требует предварительного подбора тока стока, осуществляемого по схеме, приведенной на рисунке 117. Здесь резистор  $R9$  временно заменен двумя соединенными последовательно резисторами: постоянным сопротивлением 27 Ом, ограничивающим ток через транзистор, и переменным на 3,3 кОм. В цепь стока транзистора включают миллиамперметр на ток 5...10 мА. При напряжении источника питания 10...

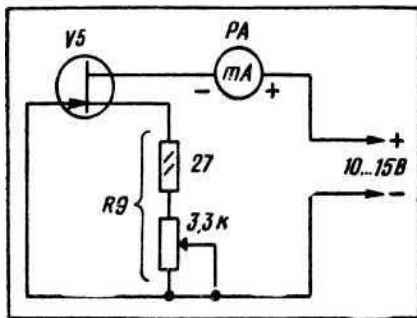


Рис. 117. Схема установки режима работы полевого транзистора

15 В переменным резистором устанавливают ток стока в пределах 3,5...4,5 мА. Затем измеряют омметром

общее сопротивление цепочки резисторов в истоковой цепи транзистора и монтируют в усилитель резистор  $R9$  такого же номинала.

Транзисторы  $V1$ ,  $V2$  и  $V6$  могут быть любыми из серии КТ312, КТ301, КТ315, П307.

Но пару транзисторов для дифференцированного каскада надо подобрать с примерно одинаковыми статическими коэффициентами передачи тока  $h_{2iэ}$ . Транзистор  $V4$  может быть серий КТ203, ГТ321, МП21;  $V5$  — серий КП302А — КП302В, КП303;  $V7$  — серий КТ503А — КТ503Г, ГТ404Б — ГТ404Г;  $V8$  — серий КТ502А — КТ502Г, ГТ402Б — ГТ402Г;  $V9$  и  $V10$  — серий КТ908, КТ808, КТ802 — КТ805 с любыми буквенными индексами. Коэффициент  $h_{2w}$  транзисторов  $V7$  и  $V8$  должен быть не менее 50, а транзисторов  $V9$  и  $V10$  — не менее 30. Желательно, чтобы произведения коэффициентов  $h_{2w}$  транзисторов  $V7$  — и  $V8$ — $V10$  были равны.

Блок питания монтируют на самостоятельной плате, размеры которой зависят от имеющихся деталей. Мощность сетевого трансформатора  $T1$  должна быть не менее 60 Вт. Можно использовать любой промышленный трансформатор с двумя вторичными обмотками, рассчитанными на максимальный ток нагрузки 0,8... 1 А и напряжение каждой обмотки около 12 В, например трансформатор от блока питания магнитофона «Маяк-202». Для самодельного трансформатора можно использовать магнитопровод, собранный из пластин Ш-20, толщина набора 40 мм. Обмотка / должна содержать 1250 витков провода ПЭВ-2 0,3...0,35, обмотка II — 150 витков провода ПЭВ-2 0,9...1,1 с отводом от середины. На плате блока питания могут быть установлены и плавкие предохранители  $F1$  и  $F2$ .

Громкоговоритель  $B1$  мощностью не менее 20 Вт, например 35АС-1 или самодельный, головки которого должны быть включены так, чтобы сопротивление громкоговорителя было 4 Ом. К усилителю можно подключить и громкоговоритель сопротивлением 8 Ом, но тогда номинальная выходная мощность усилителя снизится до 10 Вт.

Налаживание усилителя проводят с подключенным к его выходу эквивалентом нагрузки — резистором сопротивлением 4 Ом на мощность рассеяния 20...25 Вт. Параллельно ему подключают милливольтметр постоянного тока и подстроечным резистором  $R3$  добиваются нулевого напряжения на выходе усилителя. После этого подстроечным резистором  $R8$  устанавливают суммарный ток покоя транзисторов усилителя в пределах 30...40 мА. Уменьшать его более чем до 20 мА нельзя — могут появиться искажения типа «ступенька».

Напряжения в цепях усилителя можно проконтролировать с помощью вольтметра постоянного тока с относительным входным сопротивлением не менее 10 кОм. При напряжении источника питания  $\pm 15$  В на аноде стабилитрона  $V3$  должно быть напряжение — 11 В, на коллекторе транзистора  $V1$  — + 14,6 В, на эмиттере транзистора  $V7$  — +0,35...0,5 В, на коллекторе транзистора  $V8$  - 14,5...14,65 В, между базами транзисторов  $V7$  и  $V8$  — 0,6...0,7 В.

Для стереофонического усилителя его второй канал должен быть построен по аналогичной схеме с использованием идентичных деталей. При этом в блок питания никаких изменений вносить не нужно. Надо только параллельно оксидным конденсаторам  $C6$  и  $C7$  подключить еще по одному конденсатору такой же емкости и установить плавкий предохранитель  $F3$  на ток 0,5 А.

**В.Г.Борисов.**

Кружок радиотехнического конструирования. М. «Просвещение». 1990