

## УСИЛИТЕЛЬ НЧ МОЩНОСТЬЮ 20 Вт

Усилитель (рис. 1) прост в изготовлении и налаживании, но имеет достаточно высокие технические характеристики. Номинальная выходная мощность на нагрузку сопротивлением 4 Ом составляет примерно 20 Вт, диапазон рабочих частот 16...60 000 Гц при неравномерности частотной характеристики на краях диапазона не более 2 дБ, коэффициент гармоник не превышает 0,5%, чувствительность при номинальной выходной мощности 0,8 В, входное сопротивление около 10 кОм, а выходное сопротивление менее 1 Ом.

Усилитель питается от нестабилизированного двухполярного выпрямителя напряжением  $\pm 15$  В. Он может быть использован для работы совместно с магнитофоном, радиоприемником и любыми другими источниками сигналов звуковой частоты, обеспечивающими выходное напряжение 0,6...0,8 В. Для повышения чувствительности к нему можно добавить предварительный усилитель.

Усилитель собран на девяти транзисторах. Первый каскад на транзисторах  $V1, V2$  представляет собой дифференциальный усилитель. На базу транзистора  $V2$  подается напряжение через резистор  $R6$  с выхода усилителя, а база транзистора  $V1$  через резистор  $R1$  соединена с общим проводом. При нормальном режиме работы постоянное напряжение в точке «А» относительно общего провода должно равняться нулю. Если же оно становится отличным от нуля, то на выходе дифференциального каскада появляется сигнал рассогласования, который усиливается последующими каскадами и изменяет их режим так, чтобы постоянное напряжение на выходе усилителя в точке «А» снова стало равным нулю. Это происходит благодаря применению гальванической связи между отдельными каскадами усилителя.

Режим работы дифференциального каскада по постоянному току устанавливается подстроечным резистором  $R3$ . Эмиттерно-базовые цепи транзисторов  $V1, V2$  питаются от параметрического стабилизатора напряжения, образованного стабилитроном  $V3$  и резистором  $R5$ . Конденсатор  $C3$ , шунтирующий подстроечный резистор  $R3$ , улучшает стабильность работы дифференциального каскада по переменному току. Особенно его действие ощущается при значительных пульсациях питающего напряжения или колебаниях напряжения сети переменного тока более чем на  $\pm 10\%$ . В принципе же, конденсатор можно исключить, что практически не скажется на основных технических данных усилителя.

Усилимый сигнал через разъем  $X1$  и разделительный конденсатор  $C1$  поступает на базу транзистора  $V1$  дифференциального каскада. С нагрузки коллекторной цепи этого транзистора — резистора  $R2$  — усиленное напряжение поступает на вход второго каскада, выполненного на транзисторе  $V4$ . В коллекторную цепь  $V4$  включен стабилизатор тока, работающий на полевом транзисторе  $V5$ , что позволяет уменьшить нелинейные искажения и получить сигнал на нагрузке усилителя с максимальной неискаженной амплитудой, близкой к напряжению источника питания.

С коллектора транзистора  $V4$  усиленный сигнал поступает на вход оконечного каскада, собранного на транзисторах  $V7...V10$  по двухтактной бестрансформаторной схеме. Нагрузкой оконечного каскада является громкоговоритель  $B1$ .

Необходимое начальное смещение на базах транзисторов оконечного каскада  $V7...V10$ , а также термостабилизацию их рабочих точек обеспечивает транзистор  $V6$ . Резистором  $R8$  можно плавно устанавливать ток покоя оконечного каскада.

Для уменьшения нелинейных искажений, вносимых усилителем, он охвачен глубокой отрицательной обратной связью по переменному напряжению, которая обеспечивается цепочками  $R6C4$  и  $R7C5$ . Глубину обратной связи по переменному току можно изменять подбором величины резистора  $R7$ . Конденсатор  $C4$  ограничивает ток, потребляемый усилителем на высоких звуковых частотах, и предотвращает его самовозбуждение. С этой же целью нагрузочный резистор  $R2$  дифференциального каскада зашунтирован конденсатором  $C2$ .

Выпрямитель собран по схеме двухполярного источника питания на диодах  $V11...V14$  и обеспечивает на выходе напряжение около  $\pm 15$  В относительно нулевого («за-

земленного») провода. Для защиты мощных транзисторов  $V9, V10$  и деталей выпрямителя от перегрузок используются плавкие предохранители  $F1...F3$ .

Отсутствие регулятора громкости объясняется тем, что источники низкочастотных сигналов (радиоприемники, магнитофоны и другие устройства), с которыми используется подобный усилитель, имеют свои регуляторы. Но в случае необходимости регулятор громкости можно включить. Для этого концы переменного резистора сопротивлением 47 кОм (группы «В») присоединяют между гнездами разъема  $X1$ , а его вывод от движка подсоединяют к левой по схеме обкладке конденсатора  $C1$ , которую предварительно отключают от верхнего гнезда разъема  $X1$ .

Этот усилитель (автор С. Филин) можно использовать для работы от микрофона и различных звукозаписывающих устройств вместе с предварительным каскадом усиления. Один из таких универсальных предварительных усилителей, собранный на одной микросхеме и отличающийся высокими техническими характеристиками, описан О. Шмелевым в журнале «Радио», 1978, № 2, с. 31. При максимальной чувствительности 2 мВ он обеспечивает на выходе напряжение сигнала 1 В. В нем предусмотрены регуляторы тембра по высоким и низким частотам и компенсированный регулятор громкости. Схема стабилизированного источника питания для этого усилителя приведена в журнале «Радио», 1979, № 1, с. 63.

Основные детали усилителя смонтированы на печатной плате размером 90×45 мм, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Расположение деталей на плате и печатный монтаж приведены на рис. 2. Детали, расположенные вне платы, показаны на рис. 2, а. Вне платы расположены также и все детали, относящиеся к выпрямителю:  $T1, V11...V14, C6, C7$  и др. Мощные транзисторы  $V9, V10$  располагают на отдельных радиаторах с эффективной площадью около 300 см<sup>2</sup>. Удобно использовать имеющиеся в продаже ребристые литые радиаторы. На эмиттерные и базовые выводы каждого из транзисторов следует падать отрезки теплоустойчивых изоляционных трубок, чтобы исключить случайные соединения этих выводов с радиаторами, имеющими электрический контакт с коллектором соответствующего транзистора. Транзисторы  $V9$  и  $V10$  соединяются с печатной платой монтажным многожильным проводом.

Для предупреждения перегрева транзисторов  $V7$  и  $V8$  на их корпуса следует надеть теплоотводящие радиаторы, например, отрезки латунных или дюралюминиевых трубок соответствующего диаметра и длиной 20...35 мм.

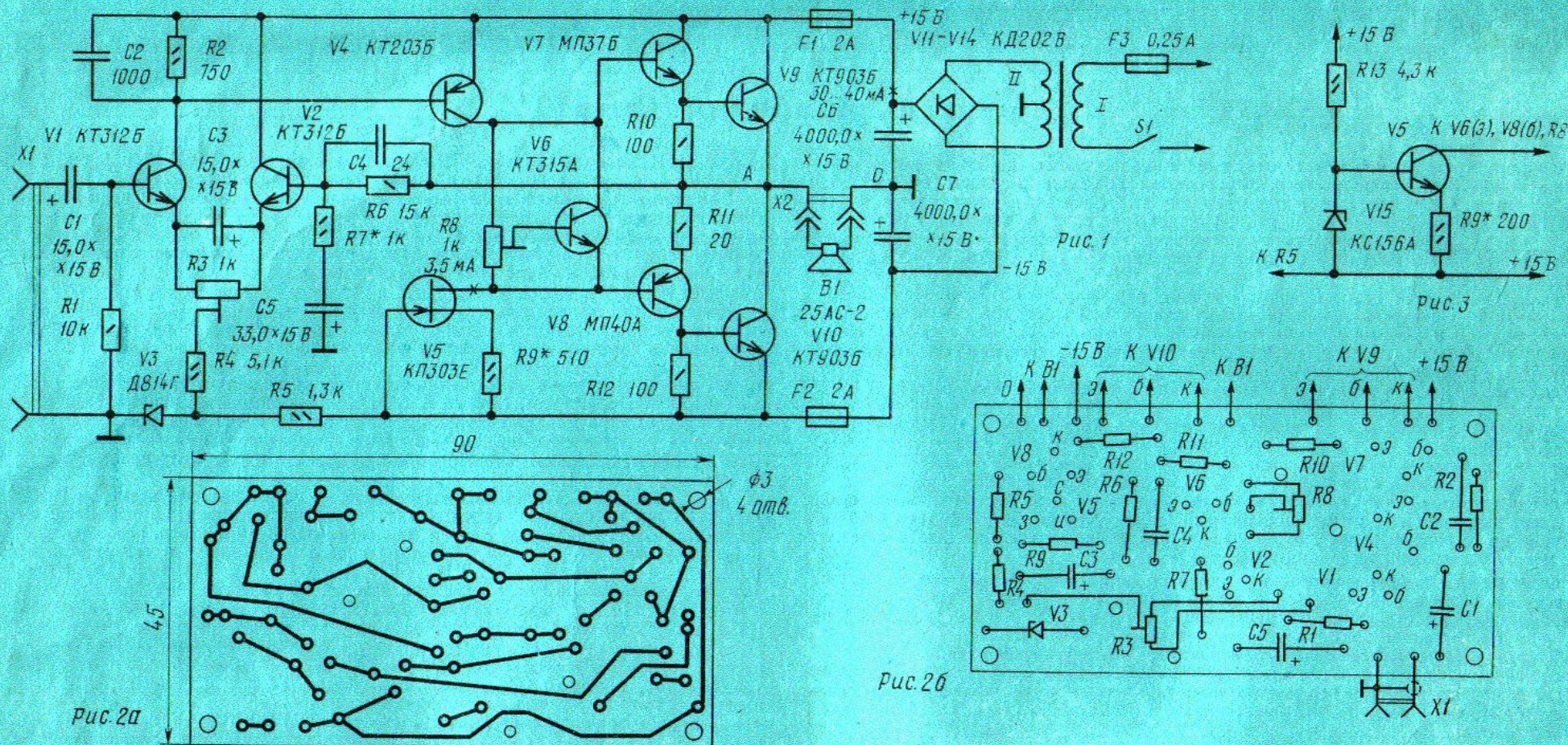
В усилителе использованы следующие детали: постоянные резисторы МЛТ-0,25, УЛМ-0,125; подстроечные резисторы  $R3, R8$  СП15-3 (можно СП-0,5, СП3-16); электролитические конденсаторы  $C1, C3, C5$  К53-4 (можно К50-6) и  $C6, C7$  К50-6; постоянные конденсаторы  $C2, C4$  КТ (можно КД, КМ). В случае использования радиодеталей других типов размеры печатной платы придется изменить.

Вместо указанных на схеме (рис. 1) транзисторов можно применить КТ301, КТ315, П307 любой серии ( $V1, V2, V6$ ); КТ203В, ГТ321Б, МП21Д ( $V4$ ); КП302А...КП302В, КП303Д ( $V5$ ); КТ503А...КТ503Г, ГТ404Б...ГТ404Г ( $V7$ ); КТ502А...КТ502Г, ГТ402Б...ГТ402Г ( $V8$ ); КТ908, КТ808, КТ802...КТ805 любой серии ( $V9, V10$ ).

Пары транзисторов  $V1, V2$ , устанавливаемых в дифференциальном каскаде, рекомендуется подобрать с одинаковыми статическими коэффициентами передачи тока  $h_{21э}$  или отличающимися друг от друга не более чем на 10...15%. Желательно также, чтобы произведение коэффициентов  $h_{21э}$  транзисторов  $V7$  и  $V9$  было равно произведению коэффициентов  $h_{21э}$  транзисторов  $V8$  и  $V10$ . Для получения мощности 20 Вт (на нагрузке 4 Ом) значение этих коэффициентов для транзисторов  $V7, V8$  должно быть не менее 40...50, а для  $V9, V10$  — не менее 30.

Режим работы полевого транзистора  $V5$ , работающего в стабилизаторе тока, подбирают по току стока вне схемы (рис. 1). Для этого между затвором и истоком испытуемого транзистора включают ограничивающий резистор  $R9$  27 Ом и последовательно





с ним переменный резистор 3,3 кОм  $R9''$ . Провод от плюса источника питания напряжением 10...15 В через миллиамперметр со шкалой 10...20 мА подключают к стоку транзистора, а минусовый провод — к затвору. Изменяя величину переменного резистора  $R9$ , по миллиамперметру устанавливают ток 4...4,5 мА. Затем определяют общее сопротивление  $R9 = R9' + R9''$  в истоковой цепи испытуемого транзистора и впаивают в схему транзистор  $V5$  и резистор  $R9$  того же номинала.

Если возникнут затруднения в приобретении полевого (униполярного) транзистора, его можно заменить обычным (бинолярным) транзистором типа КТ315, КТ342, КТ603, П397 (любой серии), включив его по схеме, приведенной на рис. 3, которая содержит два новых элемента: стабилитрон  $V15$  и резистор  $R13$ . Сопротивление резистора  $R9$  должно быть 20...200 Ом.

Блок питания монтируют на отдельной плате. Для трансформатора питания  $T1$  можно использовать магнитопровод, собранный из пластин Ш-20, набор 40 мм. Обмотка  $I$  содержит 1250 витков провода ПЭВ-2 0,3, обмотка  $II$  — 74×2 витков провода ПЭВ-2 0,9...1,1 мм. Практически в блоке питания можно использовать любой промышленный трансформатор, обеспечивающий на вторичной обмотке напряжение 12+12 В, при токе нагрузки 0,8...1 А и предназначенный для питания от сети переменного тока напряжением 220 В.

Перед налаживанием вместо громкоговорителя к выходу усилителя подключают эквивалент нагрузки — проволочный резистор сопротивлением 4 Ом, рассчитанный на мощность рассеяния 20...25 Вт. Проверив предварительно правильность монтажа и

убедившись в отсутствии короткого замыкания в цепи питания, к усилителю подключают выпрямитель. Сначала параллельно эквиваленту нагрузки  $B1$  (акустической системы 25АС-2) включают милливольтметр постоянного тока и подстроечным резистором  $R3$  добиваются нулевого напряжения на выходе усилителя. После этого подстроечным резистором  $R8$  устанавливают суммарный ток покоя транзисторов (в цепи предохранителя  $F1$ ), равный 30...40 мА. При меньшем значении этого тока могут появиться искажения типа «ступенька».

Режимы работы транзисторов можно проконтролировать с помощью вольтметра постоянного напряжения с входным сопротивлением 10 кОм/В. При напряжении на выходе выпрямителя  $\pm 15$  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...14,6 В, между базами транзисторов  $V7$  и  $V8$  0,6...0,8 В. Чувствительность усилителя можно несколько увеличить, уменьшая величину отрицательной обратной связи, для чего уменьшается сопротивление резистора  $R7$ . Однако брать его менее 240 Ом не следует, так как это приведет к возрастанию нелинейных искажений.

Если возникнет возбуждение усилителя на высоких частотах, между базой транзистора  $V8$  и проводником  $-15$  В следует включить конденсатор емкостью 300 пФ.

Подл. в печать 15.11.83. Г-63915. Изд. № 2/П-283 заказ. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

Зак. 532. Уч. изд. л. 0,425. Усл. п. л. 0,25.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР, 129110, Москва, Олимпийский просп., 22. Отпечатано в тип. № 32. Зак. 1277—50 000