

### Ламповые УМЗЧ с трансформаторами ТАН

Использование стандартных сетевых трансформаторов серий ТАН и ТН на частоту 50 Гц в качестве выходных для двухтактных ламповых усилителей вполне допустимо, поскольку сетевая и другие обмотки выполнены двойными. Набор симметричных анодных и нахальных обмоток трансформатора на магнитопроводе ПЛ позволяет расширить возможности оптимального согласования нагрузки с выходным сопротивлением ламп оконечного каскада для ультралинейной схемы включения тетродов. Автор предлагает ряд полезных расчетов и рекомендаций, а также несколько усилителей на разную выходную мощность. В конструкциях этих усилителей применимы наиболее распространенные усилительные лампы — 6Н8С, 6Н23П, 6П3С, EL84.

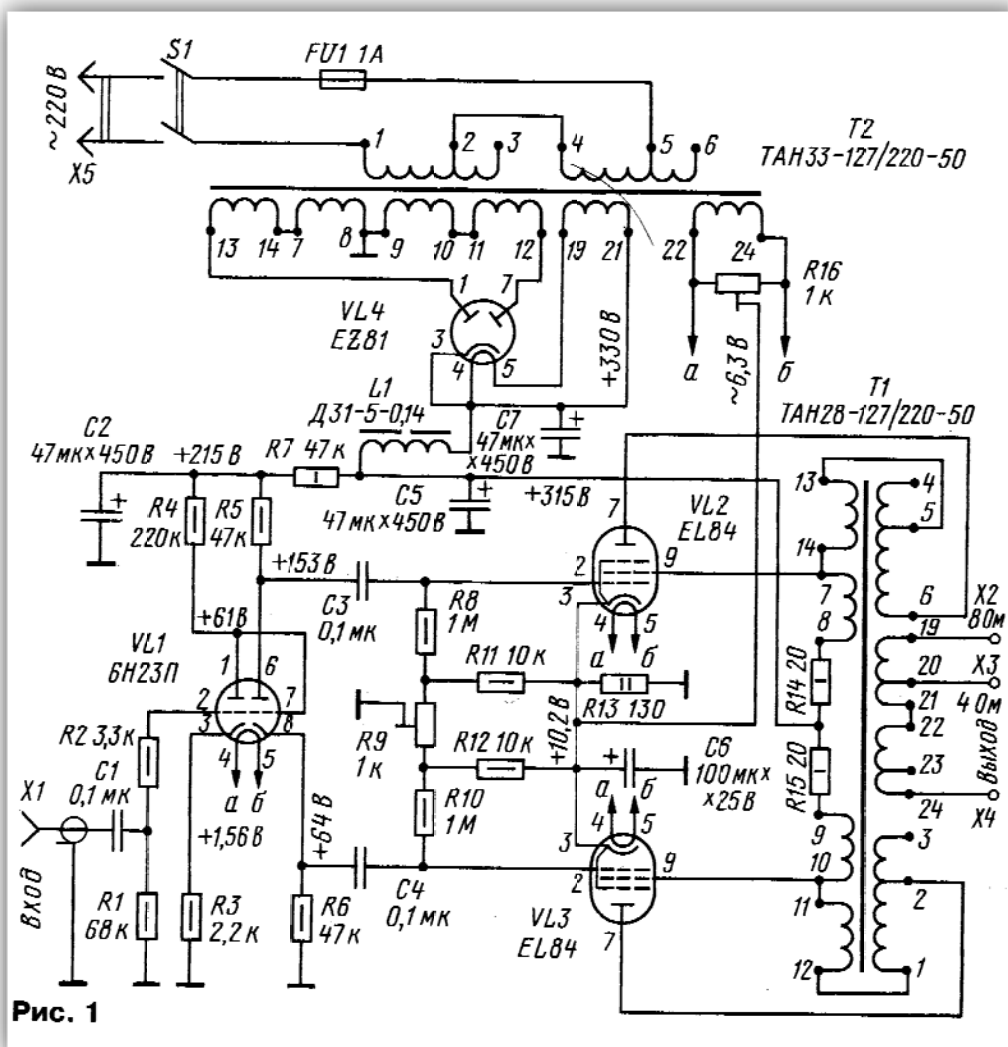


Рис. 1

Самая сложная деталь в ламповом усилителе — выходной трансформатор; изготовить его самому под силу немногим. Да и технологических тонкостей там столько, что частенько это занятие либо растягивают на долгие месяцы, либо забрасывают в дальний угол вместе с мечтами о "ламповом звуке". Можно, конечно, такой трансформатор купить или заказать, чтобы его намотали индивидуально под ваш усилитель, но, во-первых, это не всем по карману, а во-вторых, пропадает сама романтика творчества. Свой усилитель должен быть собран собственными руками и именно для себя найден тот самый оптимум во всех возможных схемных вариаци-

ях, который обеспечит автору конструкции максимальное наслаждение не только от звучания, но и от удовлетворения своим творчеством!

Предлагаемые в статье схемные решения открывают радиолюбителям огромное поле для вариаций в обретении богатого букета оттенков "лампового" звучания без претензий на достижение какого-то исключительного качества. Это просто добротные, легко повторяемые ламповые усилители для экспериментирования с различными лампами и режимами.

Сетевые трансформаторы серий ТАН и ТН на частоту 50 Гц с симметричной разделенной сетевой обмоткой вполне пригодны в качестве выходных

трансформаторов в двухтактных ламповых усилителях. К тому же они имеют еще и двойной симметричный набор анодных и накальных обмоток, позволяющих использовать часть из них для обеспечения ультралинейного режима усиления в выходном каскаде.

Вначале следует обратить внимание, что при использовании в качестве вторичной обмотки последовательно включенных двух накальных с суммарным напряжением 12,6 В максимальная мощность, которую можно получить от трансформатора ТАН как выходного, достигает следующих значений:

- при нагрузке 4 Ом — 39,7 Вт;
- при нагрузке 8 Ом — 19,8 Вт;
- при нагрузке 12 Ом — 13,2 Вт;
- при нагрузке 16 Ом — 9,9 Вт.

Эти соотношения следует учитывать при подборе номинального сопротивления нагрузки усилителя.

Мощность трансформатора желательно выбирать в три-четыре раза больше выходной мощности усилителя. Чем большей мощности выбран трансформатор, тем больше индуктивность первичной обмотки (необходимая для воспроизведения нижних частот), больше диаметр провода и, как следствие, меньше межслойная емкость обмотки (это важно для воспроизведения высших частот) и сопротивление обмоток, что увеличивает КПД трансформатора.

На **рис. 1** изображена схема двухтактного ультралинейного УМЗЧ с лампами EL84 (ее отечественный аналог — 6П14П).

Типовой режим ламп выходного каскада для усиления в классе АВ (из справочника): напряжения на аноде и экранной сетке соответственно  $U_a = 300$  В,  $U_{g2} = 300$  В, сопротивление резистора в катодной цепи  $R_k = 130$  Ом, эквивалентное сопротивление нагрузки  $R_{aa} = 8$  кОм, ток по цепям анодного и экранирующей сетки питания  $I_a = 2 \times 36$  мА,  $I_{d2} = 2 \times 4$  мА (в режиме покоя —  $U_{вх} = 0$ ). При мощности в нагрузке  $P_n = 17$  Вт и коэффициенте гармонических искажений  $K_f = 4$  % входное напряжение  $U_{вх} = Ю$  В (эфф.), амплитуды тока по цепям питания, указанным выше, —  $I_{ам} = 2 \times 46$  мА,  $I_{g2m} = 2 \times 11$  мА.

Отвод на экранную сетку для ультралинейного включения ламп EL84 должен быть сделан от четвертой части витков анодной обмотки трансформатора.

Чтобы подобрать нужный трансформатор ТАН из стандартного ряда типо-номиналов, произведем некоторые расчеты.

Амплитуда напряжения на анодной обмотке:

$$U_{aам} = \sqrt{2PR} = \sqrt{2 \cdot 17 \cdot 8000} = 522 \text{ В.}$$

Соответственно на половине обмотки амплитуда напряжения равна 261 В, что при напряжении питания 300 В оставляет на лампе в открытом состоянии 39 В; можно проверить по характеристикам — так оно и есть.

Эффективное напряжение на анодной обмотке в 1,41 раза меньше и равно 185 В, т. е. в трансформаторе должна быть пара обмоток с таким или немного большим рабочим напряжением.

Теперь определимся с коэффициентом трансформации. Для достижения оптимального эквивалентного сопротивления  $R_{aa}$  (8 кОм) нагрузку сопротивлением 8 Ом необходимо преобразовать трансформатором с коэффициентом трансформации  $n_{тр} = \sqrt{8/8000} = 1/31,6$ . В этом случае выходное напряжение на нагрузке 8 Ом достигает  $(185+185)/31,6 = 11,7$  В. Для этой цели удобно использовать две накальные обмотки по 6,3 В, включенные последовательно, с общим напряжением 12,6 В.

С учетом выбора стандартных выходных накальных обмоток и коэффициента трансформации 1/31,6 напряжение анодных обмоток должно составлять  $12,6 \cdot 31,6 = 398$  В (его половина — 199 В). Это больше, чем нужные 185 В, поэтому трансформатор окажется в облегченном режиме.

Итак, нужно подобрать трансформатор с минимальным числом обмоток, чтобы вместе с двумя половинами сетевых обмоток на 110/127 В получить 199 В. Это возможно в следующих двух комбинациях: 110+89 В и 127+72 В.

На основании приведенных выше рекомендаций для максимальной выходной мощности 17 Вт нужно выбрать трансформатор мощностью 51...68 Вт. Идеально для нашего усилителя подходит ряд трансформаторов от ТАН27 до ТАН40 с габаритной мощностью 60 Вт.

Внимательно изучив таблицу напряжений обмоток типовых трансформаторов, выбираем трансформатор ТАН28-127/220-50, имеющий следующую сумму напряжений: 110+40+56 В. Стало быть, отвод на экранные сетки мощных ламп можно сделать с обмотки на 56 В, затем расположить секцию на 40 В и, наконец, непосредственно к анодам ламп подключить секции сетевой обмотки на 110 В. И, соответственно, получается приведенное сопротивление нагрузки  $R_{aa} = 8553 \text{ Ом}$  при коэффициенте трансформации 1/32,7.

Помимо ТАН28, хорошие результаты достижимы с трансформаторами соседних типонаминов:

— ТАН27-127/220-50, в нем достигается комбинация обмоток по напряжению  $127+28+28+6 = 189 \text{ В}$  и приведенное сопротивление нагрузки  $R_{aa}=7200 \text{ Ом}$ ;

— ТАН29-127/220-50, в нем пригодна такая комбинация обмоток:  $110+56+56 = 222 \text{ В}$ , при этом приведенное сопротивление  $R_{aa}= 9933 \text{ Ом}$ .

К двум накальным обмоткам, включенным последовательно, подключена нагрузка сопротивлением 8 Ом. Однако обе выходных "накальных" обмотки имеют отводы, соответствующие сумме напряжения 5+1,3 В. Поэтому при вдвое меньшем сопротивлении нагрузки (4 Ом) следует набрать нужное значение с двух обмоток как сумму  $5+1,3+1,3 = 7,6 \text{ В}$ ; оно почти точно соответствует расчетному 8,2 В для нагрузки сопротивлением 4 Ом. И в этом случае выходная мощность усилителя достигает 14 Вт.

Напряжение анодного питания должно быть больше типового значения

300 В на величину падения напряжения на общем катодном резисторе сопротивлением 130 Ом при токе в 114 мА (2-46 + 2-11), т. е. на 15 В. Стало быть, напряжение питания после фильтра выпрямителя должно быть 315 В. На пиках громкости усилитель будет потреблять ток  $114 + 2 = 116 \text{ мА}$  (лампа входного каскада потребляет ток 2 мА), средний же ток его потребления будет немногим больше тока покоя, составляющего  $2-36 + 2-4 + 2 = 82 \text{ мА}$ .

Эти режимы соответствуют схеме обычного (пентодного, тетродного) включения экранированных ламп. В ультралинейном режиме включения максимальная мощность в нагрузке и, соответственно, напряжения на обмотках трансформатора несколько ниже.

С таким выбранным трансформатором усилитель при выходной мощности 8,5 Вт обеспечивает полосу усиливаемых частот 34...21000 Гц по уровню -3 дБ. Чувствительность усилителя на частоте 1 кГц при максимальной выходной мощности равна 0,28 В. Звучание с этим усилителем очень четкое и прозрачное.

Рекомендую отказаться от применения печатных плат, популярных в настоящее время, — только навесной монтаж с минимумом проводов. Монтаж надо вести выводами самих радиоэлементов, используя монтажные лепестки ламповых панелей, жесткие выводы переменных резисторов; возможно также использование отдельных монтажных точек или лепестковых текстолитовых планок. Оксидные конденсаторы следует установить на плате из нефольгированного гетинакса, пропустив их выводы в отверстия и смонтировать медным голым, луженым проводом диаметром 0,8...1 мм. Таким же проводом, изолированным кембриковой трубкой, надо выполнить монтаж трансформаторов и другие "длинные" соединения в усилителе.

Печатный монтаж не стоит применять в конструкциях ламповых усилителей по следующим причинам.

1. Повышенная емкость монтажа плоских проводников. При высоких значениях импеданса и напряжения в цепях каскадов с относительно малыми токами эта емкость с диэлектриком относительно невысокого качества вносит существенный вклад в тонкие нюансы звучания.

2. Поверхностные утечки по изоляционному материалу печатной платы также вносят свою долю в искажения и ухудшение прозрачности звучания.

3. Наличие в ламповых конструкциях крупногабаритных элементов при установке их на печатной плате предъявляет повышенные требования к жесткости конструкции и снижает надежность электрических соединений.

4. В ламповом усилителе, выполненном на печатной плате, тоже необходимо шасси для размещения выходного и сетевого трансформаторов, дросселя фильтра и дополнительного навесного монтажа.

5. При внесении изменений или дополнений в готовую конструкцию усилителя, что часто бывает в радиолюбительской практике, печатный монтаж и вовсе теряет свою привлекательность.

6. Наконец, наличие большой поверхности проводников с высоким напряжением, опасным для жизни, не удовлетворяет нормам безопасности при эксплуатации таких конструкций в любительских условиях.

Печатный монтаж выгоден для транзисторных устройств и весьма неудобен для ламповых.

Для придания более мягкого и прозрачного звучания можно рекомендовать зашунтировать оксидные конденсаторы (лучше фирмы JAMICON) старыми бумажными конденсаторами КБГ-И емкостью 0,015 мкФ на

400 В. Впрочем, пойдут и современные пленочные серии К78-2 того же или большего номинала на номинальное напряжение не менее 400 В.

Звучание, получаемое с таким усилителем, зависит и от типа используемой в предварительном каскаде лампы. Наиболее приятный звук получается с лампой 6Н23П. Однако вполне возможна установка и других двойных триодов с аналогичной цоколевкой. При смене типа лампы нужно изменить сопротивление резистора R3 так, чтобы на катоде второго триода сохранялись бы расчетные 64 В. Можно рекомендовать в каскад предварительного усиления двойные триоды 6Н2П ( $R3 = 1,3 \text{ кОм}$ ), 6Н1П, ECC85 ( $R3 = 1,6 \text{ кОм}$ ), 6Н6П ( $R3 = 2,7 \text{ кОм}$ ). Чувствительность усилителя — около 0,25 В, и для разных типов ламп входного каскада она может несколько изменяться.

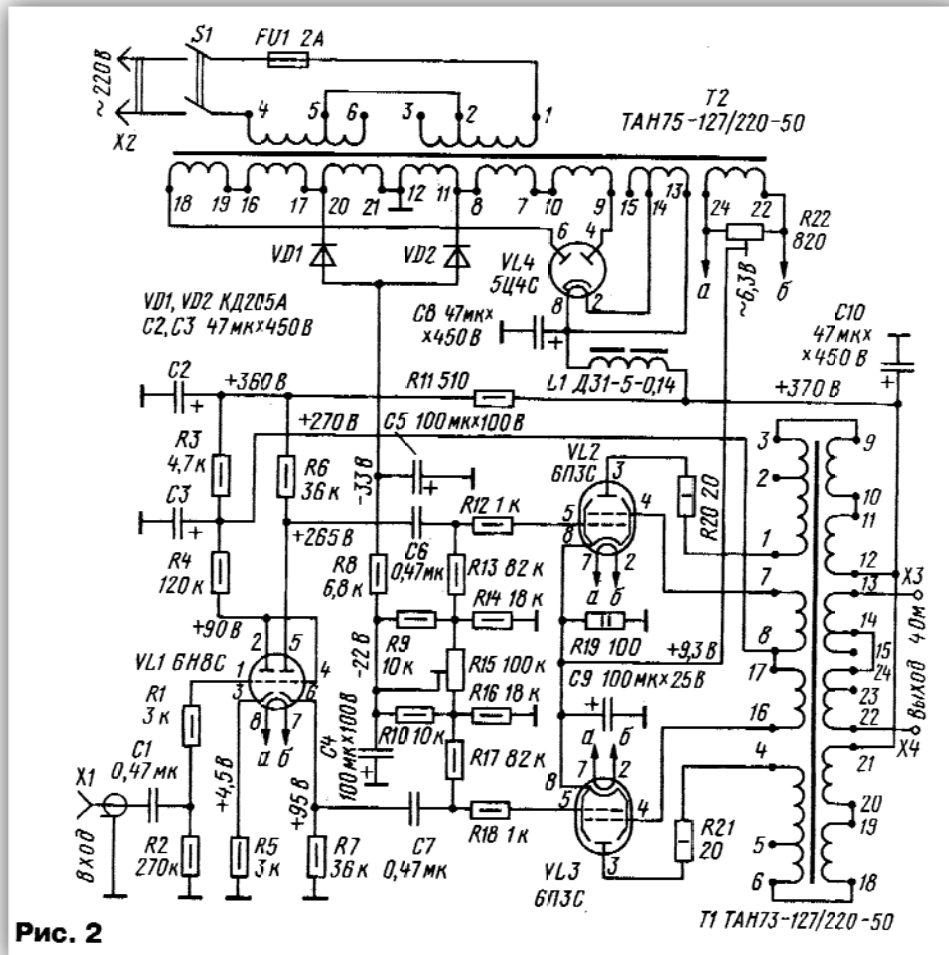


Рис. 2

Резисторы в усилителе можно устанавливать металлодиэлектрические (МЛТ и их аналоги) или углеродистые ВС (более предпочтительные) на соответствующую мощность рассеяния.

Блок питания построен с трансформатором ТАН33-127/220-50 или ТАН33-220-50. Кенотронный выпрямитель с П-образным LC-фильтром выполнен по классической схеме и в пояснениях не нуждается. Вместо кенотрона EZ81 можно применить EZ80, а при их отсутствии — отечественный 6Ц4П (он "потянет", но с небольшой перегрузкой). Впрочем, можно поставить их два, соединив парами аноды в каждом плече выпрямителя. Регулировкой подстроечного резистором R16 в цепи накала добиваются нейтрализации фона переменного тока.

Перед первым включением усилителя проверьте правильность монтажа. Установите в средние положения движки обоих подстроечных резисторов. Включите усилитель и проверьте напряжения в блоке питания и усилителе на соответствие значениям, указанным на схеме. Отличие режимов не должно быть более  $\pm 5\%$ , разумеется, если в розетке в это время напряжение около 220 В.

Регулировка усилителя заключается в установке с помощью подстроечного резистора R9 равенства напряжения 0,8 В на резисторах R14, R15, включенных между выводами 8 и 9 выходного трансформатора. Желательно, чтобы эти резисторы были подобраны по разбросу сопротивления не более  $+1\%$ ; это очень легко сделать, если купить их десяток, а потом просто выбрать пару омметром.

Если выходные лампы вашего усилителя не подобраны в пару, то в этой конструкции их можно отобрать из нескольких. Установите подстроенный резистор R9 в среднее положение и убедитесь в равенстве напряжения смещения на его крайних выводах. Для этого можно подключить к крайним выводам резистора цифровой вольтметр с пределом до 2 В и установить баланс каскада по нулевому показанию прибора. Затем, перебирая все имеющиеся у вас лампы одного типа, найдите те, у которых будут одинаковые падения напряжения на резисторах контроля анодного тока. При смене ламп надо обязательно прогревать лампы не менее двух минут до момента измерения.

Заключительный этап регулировки проводят, когда в усилитель установлены подобранные лампы и достигнут баланс тока ламп выходного каскада. Минимизации фона на его выходе добиваются, изменяя положение движка подстроечного резистора R16, при замкнутом входе усилителя, контролируя его уровень на выходе милливольтметром переменного тока либо осциллографом при максимальной чувствительности его входа. На этом регулировка усилителя закончена.

На **рис. 2** показана схема более мощного двухтактного ультралинейного УМЗЧ, для которого в выходном каскаде можно рекомендовать лампы 6ПЗС, 6ПЗС-Е, 6Л6Г, 5881.

Типовой режим ламп выходного каскада в классе АВ (из справочника) по ранее названным параметрам:

$U_a = 360$  В;  $U_{g2} = 270$  В;  $U_{g1} = -22,5$  В;  $R_{aa} = 6,6$  кОм;  $I_a = 2 \times 44$  мА;  $I_{g2} = 2 \times 2,5$  мА при  $U_{Bx} = 0$ . При входном напряжении  $U_{Bx} = 45$  В (ампл.) мощность  $P_n = 26,5$  Вт;  $K_r = 2$  %;  $I_{am} = 2 \times 66$  мА;  $I_{g2m} = 2 \times 7,5$  мА.

В справочниках не было найдено рекомендаций по выбору для этой лампы доли переменного анодного напряжения на экранной сетке (в схеме ультралинейного включения). Поэтому на основании собственного опыта разработчика было принято значение 33 %.

В этом варианте усилителя ультралинейное включение ламп также снижает выходную мощность усилителя относительно приведенных справочных данных для "чистого" двухтактного усиления в режиме класса АВ. Это происходит за счет того, что уменьшена амплитуда анодного тока относительно его значения при постоянном напряжении экранной сетки. Характеристики лампы выходного каскада за счет введения ультралинейной обратной связи приближаются к триодным.

Проведя аналогичные расчеты, как и для предыдущей схемы, находим  $U_{aam} = 592$  В;  $U_{am} = 296$  В;  $I_{aэфф} = 210$  В.

По приведенным выше расчетам также замечаем, что выходную мощность 26,5 Вт можно получить с трансформатора ТАН лишь на нагрузке сопротивлением 4 Ом; на нее и рассчитаем наш усилитель. Нужный коэффициент трансформации для соотношения сопротивлений 4/6600 оказывается равным 1/40,6.

Поскольку напряжение на сопротивлении нагрузки 4 Ом при выходной мощности 26,5 Вт должно быть 10,3 В, можно использовать при подборе нужного соотношения витков отводы на-кальных обмоток. Пригодны такие варианты включения:  $5+5 = 10$  В (с небольшой перегрузкой на 0,3 В),  $5+5+1,3 = 11,3$  В и полное включение:  $5+5+1,3+1,3 = 12,6$  В.

Итак, нужно подобрать трансформатор, имеющий двойной набор обмоток с напряжениями в двух комбинациях: 110+100 и 127+83, в реальном подобранном трансформаторе эти напряжения могут быть немного больше, но ни в коем случае не меньше! При этом важно, чтобы нашлась еще обмотка (парная, разумеется) для управления экранной сеткой напряжением  $210/3 = 70$  В.

Как уже говорилось ранее, мощность выбираемого трансформатора должна быть около 100 Вт, однако представляет интерес использовать для этого усилителя чуть более мощные трансформаторы со стержневым магнитопроводом и расположением обмоток на двух симметричных катушках. Это ряд трансформаторов ТАН69—ТАН82 мощностью 122 Вт.

По рассчитанным исходным данным наиболее пригодны два трансформатора:

— ТАН72-127/220-50 с комбинацией обмоток 127+80+24 В (для анода) и 56 В — для экранной сетки;

— ТАН73-127/220-50 с комбинацией обмоток 127+80+20 В (для анода) и 80 В — для экранной сетки.

При этом напряжение на "ультралинейной" обмотке для экранной сетки у ТАН72 составит 24 % от анодного, а у ТАН73 — 35 %. Схемы включения обмоток обоих трансформаторов одинаковы (рис. 2).

Чтобы максимально точно выдержать нужный коэффициент трансформации, нагрузку надо подключить к выходным накальным обмоткам, соединенным на напряжение 11,3 В (5+1,3+5). В этом случае для ТАН72 коэффициент трансформации определяется соотношением  $11,3/[2 \times (127+80+24)] = 1/40,9$ , при этом  $R_{aa} = 6686$  Ом; для ТАН73 коэффициент трансформации —  $11,3/[2 \times (127+80+20)] = 1/40,2$ , а приведенное сопротивление  $R_{aa} = 6457$  Ом.

Наличие обоих трансформаторов (а они стоят отнюдь не дорого) открывает возможность для эксперимента с выбором переменного напряжения на экранной сетке.

В анодную цепь лампы следует включать начало первичной (сетевой) обмотки; у этого вывода минимальная емкость на остальные обмотки. Затем последовательно соединяют секции анодных обмоток в порядке увеличения их нумерации выводов. Такое включение обмоток позволяет получить максимальную полосу пропускания трансформатора, в общем-то не предназначенного для использования в качестве выходного. Из

этих же соображений выбрано соединение обмоток выходного трансформатора в схеме на рис. 1 с учетом их размещения на броневом магнитопроводе.

В усилителе по схеме на рис. 2 использовано комбинированное смещение на управляющие сетки ламп выходного каскада. Автоматическое смещение за счет общего тока обеих ламп обеспечивает 40 % напряжения смещения, а остальные 60 % заданы от отдельного выпрямителя и цепи балансировки.

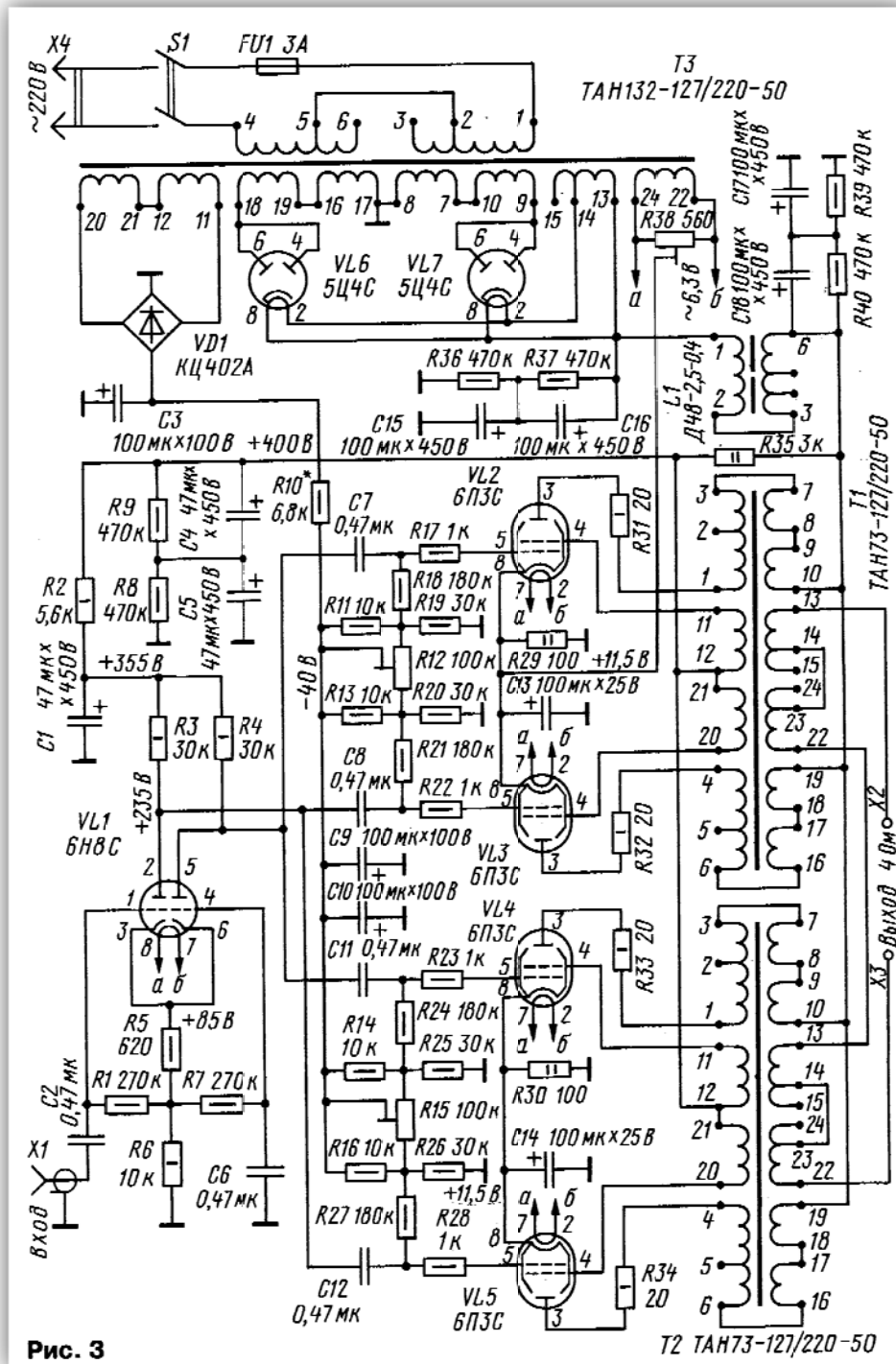


Рис. 3

Единственное отличие предварительного каскада от предыдущего варианта схемы усилителя в том, что фазоинвертор с расщепленной нагрузкой питается более высоким анодным напряжением, чтобы обеспечить хорошую линейность усиления при значительной амплитуде парафазных напряжений (два по 45 В).

Первое включение и регулировка усилителя полностью идентичны по методике для предыдущей конструкции. Выпрямители собраны по классическим двухполупериодным схемам и в пояснениях не нуждаются.

Чувствительность усилителя на частоте 1 кГц при максимальной выходной мощности равна 0,775 В. При средней выходной мощности 8,5 Вт полоса пропускания не менее 24 Гц... 24 кГц (со спадом на 3 дБ).

Усилитель с трансформатором ТАН73, собранный автором, показал великолепное звучание музыки с очень сочными низкочастотными компонентами, жесткой "серединой" и очень прозрачными верхами. В этом усилителе были опробованы не только лампы 6ПЗС и 6ПЗС-Е, но и 6Ф6С, EL34 и 6550. Самое приятное звучание обеспечили выходные лампы 6Ф6С.

Кроме того, заметна разница в звучании, определяемая лампой предварительного каскада, где были проверены 6Н8С, 6Н8С-6SN7 фирмы RFT

1954 года (были такие с двойным названием), а также 6Н9С.

Лампы 6550 и EL34 излишне мощны для этого усилителя. Поставить их можно, и они "нормально" работают, но для них надо более высокие напряжения и более мощные трансформаторы — раза в два-три! И питание требуется разное. Для лампы 6550 нужно подавать на аноды напряжение 600 В, а на экранные сетки — 300 В, для EL34 — соответственно 800 и 400 В. Под них нужно трансформаторы заказывать или покупать у компаний, изготавливающих высококачественные компоненты и узлы для аудиофилов. Это уже очень "серьезные" лампы.

На **рис. 3** приведена схема двухтактного ультралинейного УМЗЧ на четырех лампах 6ПЗС (6L6GC) с суммированием мощности в нагрузке.

Типовой режим ламп половины выходного каскада (из справочника для 6L6GC в режиме класса АВ):

$U_a = 450 \text{ В}$ ,  $U_{g2} = 400 \text{ В}$ ,  $U_{o1} = -37 \text{ В}$ ,

$R_{aa} = 5,6 \text{ кОм}$ ,  $I_a = 2 \times 56 \text{ мА}$ ,  $I_{g2} = 2 \times 2,8 \text{ мА}$  при  $U_{вх} = 0$ . При  $U_{вх} = 37 \text{ В}$  (ампл.)  $P_n = 55 \text{ Вт}$ ,  $K_r = 1,8 \%$ ,  $I_{ам} = 2 \times 105 \text{ мА}$ ,  $I_{д2т} = 2 \times 11 \text{ мА}$ . Амплитуда напряжения между анодами составит  $U_{aам} = 784 \text{ В}$ ,  $U_{ам} = 392 \text{ В}$ ,  $i_{азфф} = 277 \text{ В}$ .

И таких выходных каскадов в усилителе два, работающих в несколько облегченном режиме с суммированием мощности.

Если все четыре накальные обмотки выходных трансформаторов соединить последовательно, то при выходном напряжении 25,2 В ( $6,3 \times 4 = 25,2$ ) на нагрузке 8 Ом можно получить мощность 80 Вт. Если же последовательно соединить лишь части обмоток на напряжения 5 В, то при выходном напряжении 20 В на нагрузке 4 Ом получим 100 Вт. Так что с учетом потерь в трансформаторе можно строить мощный каскад с приведенным выше типовым режимом ламп!

Для приведенной нагрузки  $R_{aa} = 5600 \text{ Ом}$  и фактического сопротивления нагрузки 4 Ом коэффициент трансформации  $1/37,4$ , а для нагрузки 8 Ом —  $1/26,5$ .

Для этого усилителя в качестве выходного трансформатора подходит только ТАН73-127/220-50. Оптимальное включение его обмоток в анодную цепь соответствует сумме напряжений:  $127+80+80 = 287 \text{ В}$ . А оставшуюся обмотку на 20 В используем для подачи части выходного напряжения (около 7 %) на экранный сетку. Конечно, такое включение уже сложно назвать ультралинейным, но все-таки это лучше, чем питание экранной сетки лампы вообще без обратной связи. Безусловно, есть некоторые издержки при использовании стандартных трансформаторов, но возможность быстро и дешево изготовить легко повторяемый ламповый усилитель с вполне достойным звучанием, думаю, перебивает эти недостатки!

В выпрямителе использованы два кенотрона 5Ц4С с параллельно соединенными анодами. Это лучше, чем использование одного 5Ц3С. И падение напряжения на них меньше, да и пиковая перегрузочная способность выше. Последовательное соединение оксидных конденсаторов с выравнивающими резисторами использовано потому, что во время разогрева ламп после включения усилителя возможно превышение номинального напряжения конденсаторов — 450 В. В случае же включения выпрямителя без нагрузки на его ; выходе окажется 620 В, что уж никак не приемлемо для этих конденсаторов.

Оба двухтактных выходных каскада по схеме аналогичны предыдущему (с точностью до номиналов элементов на рис. 2), но обеспечивают другой I режим работы ламп. Предварительный же каскад усиления, выполняющий функции фазоинвертора, выполнен дифференциальным и имеет коэффициент усиления около 15. Использование такой схемы обусловлено необходимостью получения большой амплитуды напряжения для раскачки выходного каскада — 37 В. При этом размах напряжения на каждом аноде лампы 6Н8С равен 74 В. Полу- ; чение неискаженного усиления такой ; амплитуды в каскадах с расщепленной нагрузкой, используемых в предыдущих схемах усилителей, весьма проблематично.

При желании иметь дифференциальный (симметричный) вход конденсатор, заземляющий сетку второго триода лампы VL1, надо отсоединить от общего провода и в эту точку подать входной противофазный сигнал. Входной сигнал, при котором усилитель отдает максимальную выходную мощность на частоте 1 кГц, равен 1,55 В эфф.

Для получения "теплых" оттенков звучания и увеличения прозрачности желательны оксидные конденсаторы (кроме тех, что стоят непосредственно на выходе выпрямителей) шунтировать конденсаторами КБГ-И емкостью 0,03 мкФ на 600 В или К78-2 близкого номинала на напряжение 1000 В.

Правильно собранный усилитель; начинает работать сразу. Методика его настройки полностью аналогична ранее описанной.

Звучание с этим усилителем более "правильное", чем с предыдущими, как за счет симметрии тракта усиления, так и за счет усреднения и компенсации искажений на четырех выходных лампах и двух выходных трансформаторах. Надежные 100 Вт неискаженного "лампового" звука, широкая полоса усиления и никаких самодельных трансформаторов!

*Редактор – А.Соколов, графика – Ю.Андреев*

Скачано с <http://nickhome2005.narod.ru/>