

Высококачественный ламповый усилитель мощности ЗЧ

С трансформаторной связью между каскадами

Наиболее ответственным каскадом в современных ламповых усилителях, выполненных по двухтактной схеме является фазоинвертор - каскад, обеспечивающий парафазные выходные сигналы для раскачки плеч выходного каскада. Известно достаточно большое количество схем фазоинверторных каскадов, однако обеспечить абсолютно симметричные сигналы на выходе практически невозможно в силу ряда причин - как чисто схемотехнических, так и связанных с качеством изготовления усилителя и подбором параметров элементной базы. Именно поэтому разработчики предпочитают строить однотактные схемы, хотя как раз именно при двухтактном выходном каскаде удаётся получить максимальные выходные параметры УМЗЧ. Такие усилители более линейны (из-за компенсации чётных гармоник в выходном каскаде) даже при работе без общей ООС, позволяют получать большие выходные мощности при прочих равных, более устойчивы.

Поиски оптимальной схемы фазоинверторного каскада приводят либо к чрезмерному усложнению схемы, либо даже к созданию комбинированных лампово-полупроводниковых схем, обладающих почти идеальной симметрией плеч наряду с возможностью обеспечить идеальные условия работы выходных ламп благодаря включению полупроводниковых элементов по схеме источников тока.

Другое не менее красивое решение проблемы лежит в трансформаторном согласовании драйвера и выходного каскада. По авторитетному мнению ведущих разработчиков наиболее "аудиофильского" производителя усилителей Audio Note применение трансформатора для согласования каскадов позволяет существенно повысить КПД драйверного каскада и получить высокую линейность в большом диапазоне уровней сигнала. В случае же двухтактного усилителя применение межкаскадного трансформатора даёт возможность получить идеальную симметрию парафазного сигнала для раскачки плеч выходного каскада. Правда такое решение ставит в сильнейшую зависимость общее качество усилителя от качества межкаскадного трансформатора, однако, как показывает практика, даже в любительских условиях вполне возможной изготовить трансформатор вполне адекватного качества, а при профессиональном изготовлении вполне можно ожидать "бескомпромиссной" работы этого узла.

Предлагаемый вниманию любителей двухтактный УМЗЧ на лампах EL34 разработан с целью по максимуму раскрыть возможности этой любимой народом лампы, получившей ласковое наименование "ёлочка". Несмотря на кажущуюся простоту УМЗЧ способен удивить своим звучанием даже выдавших виды хай-эндщиков. Он работает мощно и в то же время мягко. Звук упругий и очень чистый, не смотря на "посредственную" полосу пропускания (в авторском варианте УМ использовался самодельный межкаскадный трансформатор, обеспечивавший равномерную АЧХ в полосе частот всего 30...14000Гц). Использование более качественных трансформаторов, очевидно, способно существенно улучшить параметры усилителя в плане полосы пропускаемых частот. Кроме того для данной схемы характерен очень "чистый" трект: на пути следования звукового сигнала со входа УМЗЧ до его выхода отсутствуют какие-либо "посторонние" компоненты, от-

рицательно влияющие на сигнал, как то разделительные конденсаторы и резисторы стабилизации сеточного тока выходных ламп.

Усилитель обеспечивает номинальную выходную мощность 35Вт, что вполне достаточно для раскачки практически любых АС с чувствительностью 90 и выше дБ/Вт/м. Данный усилитель долгое время эксплуатировался с самодельными АС на базе головок 2А-12У4 (КИНАП), 5ГДШ-5-4 (х2) и 6ГДВ-2 (х2) и показал хорошее качество звучания и музыкальность на самых различных фонограммах. Особенно "удаются" ему фрагменты, содержащие большое количество мощных обертонов. В таких ситуациях усилитель обрабатывает материал точно, без тенденции к образованию звуковой "каши" и без потери локализации отдельных источников звука.

Принципиальная схема УМЗЧ приведена на рис.1. Входной сигнал (номинальное значение 0.775В) поступает на каскад, реализованный на половине лампы VL1, совмещающий функции входного и драйверного каскадов. Драйвер нагружен на согласующий межкаскадный трансформатор Т1 с коэффициентом трансформации 1:1:1. При повторении УМЗЧ следует иметь в виду, что это наиболее ответственный узел, и его качество во многом определяет качество работы всего УМЗЧ. В авторском варианте использовался трансформатор, намотанный в 9 проводов на броневом магнитопроводе из железа Ш20 (толщина пакета 30мм) с магнитным зазором 1мм проводом ПЭЛ-0,25. Все обмотки содержат по 900 витков. Магнитный зазор снижает потери в магнитопроводе на высоких частотах. С целью уменьшения потерь пластины магнитопровода перед сборкой пакета следует покрыть тонким слоем нитролака, путём окунания каждой пластины в посуду с разведённым лаком. Однако все эти меры всё же не позволяют создать широкополосный трансформатор, удовлетворяющий самым жёстким требованиям к качеству. Изготовленные автором экземпляры трансформатора обеспечивали полосу частот усилителя 30...14000Гц по уровню -3дБ. Расширить полосу воспроизводимых частот можно, применяя комбинированные железо-ферритовые магнитопроводы, получаемые путём размещения рядом пакета трансформаторного железа и ферритового магнитопровода. Не лишены смысла так же эксперименты с пермалловыми магнитопроводами, однако это сильно удорожает конструкцию. Вполне возможно так же использовать и готовые трансформаторы, производимые рядом отечественных и зарубежных фирм (напр. "Золотая Середина" из С.-Петербурга.). Кроме того, в последнее время появилась возможность заказать изготовление трансформаторов. Обычно такие решения работают вполне адекватно. Вообще же, наличие такого узла, как межкаскадный трансформатор открывает широкое поле для экспериментирования. Так, в частности данная схема может быть с успехом использована в варианте канального усилителя в многополосном УМЗЧ с активным кроссовером. При этом в низкочастотном канале могут использоваться межкаскадные трансформаторы с сердечниками из железа или пермаллоя, а в высокочастотном - с сердечниками из феррита. Такая схема позволит получить большую полосу пропускания и заодно сильно упростить схему или даже вовсе отказаться от разделительных фильтров АС.

Выходной трансформатор намотан на броневом ленточном магнитопроводе ШЛ25х40. Первичная обмотка содержит 4х450 витков провода ПЭВ-1 0.55, а вторичная состоит из 5 включенных параллельно обмоток по 130 витков провода ПЭЛШО-0,27, намотанных в два провода. Это позволяет уменьшить индуктивности обмоток, снизив тем самым потери в выходном трансформаторе на средних и высоких частотах.

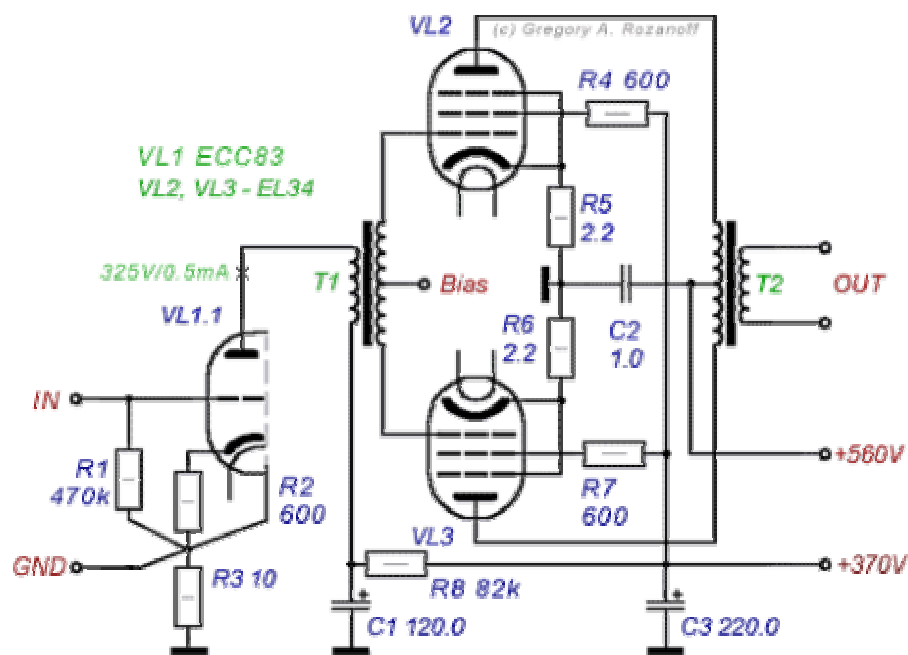


Рис.1

Налаживание усилителя сводится к установке смещения (Bias) на сетках выходных ламп в пределах -30...-40В. В выходном каскаде рекомендуется применять лампы, отобранные по основным параметрам (допустимый разброс 5-10%). Усилитель собирается навесным монтажом на П-образном шасси из листового дюралюминия размером 420x240x100мм с боковинами из дерева или фанеры. Все трансформаторы, лампы и разъёмы устанавливаются на верхней панели. Межкаскадные трансформаторы следует поместить в экраны из стали или пермаллоя, выходные трансформаторы можно не экранировать. Трансформатор блока питания, выпрямительные мосты и конденсаторы C1, C2 и C3 размещаются в подвале шасси.

При сборке и налаживании усилителя следует соблюдать правила техники электробезопасности. Помните, что конденсаторы C1 и C3 способны хранить высокое напряжение достаточно долго, что может привести к поражению электрическим током даже при обесточенной схеме. Разряжать конденсаторы искусственным путём (закрывая их выводы) не следует, так как это может привести к выходу их из строя. Следует так же убедиться, что конденсаторы не имеют утечек. В случае их возникновения не исключен пробой высокого напряжения на шасси усилителя.

Правильно собранный из исправных и качественных компонентов усилитель способен работать очень хорошо. Эксплуатация одного из двух экземпляров данного УМЗЧ в течение шести лет в качестве мониторного усилителя на репетиционной базе рок-группы подтвердила высокую надёжность конструкции, хорошую динамику и высокую верность звучания аппарата. Вместе с тем другой экземпляр использовался в качестве бытового усилителя для воспроизведения фонограмм с самых различных источников ("винил", CD, магнитофонная запись). И в этом качестве данная схема зарекомендовала себя с лучших сторон. При сравнении данного УМЗЧ с другими ламповыми и транзисторными усилителями (в т.ч. вполне "аудиофильскими") несмотря на отдельные недочёты, связанные в основном с невозможностью в домашних условиях изготовить качественные широкополосные трансформаторы, эксперты не могли выявить серьёзных недостатков звучания даже по сравнению с аппаратами, стоимость которых на несколько порядков превышает стоимость данной конструкции.