

Живое ретро

Надоели “барабаны”, включайте УМЗЧ с экспандером

В современных условиях очень часто можно столкнуться с усилением басов в записанной фонограмме. Такое положение сложилось в ходе эволюционного развития звукотехники, когда, с каждой новой записью стремились расширить спектр музыкального произведения как в сторону высоких частот, так и в сторону низких. Для воспроизведения соответствующего спектра стали применяться многополосные системы, чаще всего, - трёхполосные, для воспроизведения своей полосы отдельными головками или группами динамических головок: ВЧ, СЧ и НЧ. Среди низкочастотных составляющих спектра ЗЧ колебаний выделили самые низкие, предоставив их воспроизведение специальным динамическим головкам, называемым “сабвуферами”. Жителям многоквартирных домов порой не дают покоя ритмичные удары, приходящие по стенам и перекрытиям – это работают “барабаны” ударных музыкальных инструментов, воспроизводимые теми же низкочастотными головками акустических систем, сабвуферами у соседей. Молодёжь, ассоциирующая музыку с движением, подвержена влиянию ритма, на мелодию, а, уж тем более, на тексты сопровождаемых музыкой вокальных произведений мало кто обращает внимание. На всех молодёжных тусовках главным является ритм и его основная составляющая низкочастотный грохот, в коем, кстати упомянуть, таится и немалая опасность: речь не только о понижении возможностей органа слуха, ударное воздействие на мозг человека при громких звуках может привести и к человеческой умственной неполноценности, важно также воздействие эзотерическое. Вспомните, как шаманы бьют в бубен, чтобы ввести окружающих в транс и использовать их общую биоэнергию, там, где его (шамана) личной энергии не хватает. Сравните с этим: какой-нибудь раскрученный прыгучий молодой человек выпрыгивает на сцену, начинает хлопать себе в ладоши, призывая сделать то же присутствующую в зале публику (что, знакомо?!), под ритм аплодисментов начинается выступление, успех которому обеспечен. В данном случае, общая биоэнергия используется в шоу-бизнесе для создания имиджа исполнителем с целью получения большего дохода с представления, есть примеры и покруче: из деятельности сект и воинских формирований...

Мы воспринимаем звуки благодаря органу слуха (уши), а в области НЧ ЗЧ частот и всем телом (в основном, по так называемой, - костной проводимости). В молодости у человека орган слуха способен воспринимать весь спектр ЗЧ колебаний от 20 до 20000 Гц, с возрастом эти границы сужаются, в основном, сверху. Кроме того, кости старого человека становятся со временем более плотными и лучше проводят ЗЧ колебания НЧ, по сравнению со скелетом молодого человека, у которого и кости мягче и амортизируют мягкие ткани. В результате: повидавший за свою жизнь, уставший пожилой человек воспринимает звукочастотный спектр “предлагаемого” ему молодыми музыкального произведения совсем по-другому: с “подъёмом” в сторону низких частот. “Барабаны” начинают раздражать, от них некуда деться, они достают всюду, и в силу особенностей распространения этой части спектра ЗЧ частот... Тем более, что и звукоусилительная техника модной ныне High-End’овской системы не имеет темброблоков, - записанная фонограмма воспроизводится таким УМЗЧ, как есть – полностью.

Что же делать? Как свести такое неблагоприятное воздействие на организм человека к минимуму, ведь и звукозаписывающие фирмы делают подъём НЧ составляющих в угоду молодёжным тенденциям, моде и возможностям современной звукоусилительной техники...

С соседом, в большинстве случаев, думаю, можно договориться, а самому послушать нормальную душевную (не уродующую) музыку можно, например, используя УМЗЧ со специальной приставкой – экспандером (расширителем динамического диапазона), которая, не умаляя значения НЧ составляющих в фонограмме, позволяет поднять уровень

СЧ и ВЧ составляющих до 10 раз по мощности, причём, в отличие от работы темброблока, подъём уровня этих частот происходит в динамическом режиме: чем громче звук, тем больше усиление УМЗЧ.

УМЗЧ с экспандером был описан в [1] и был опробован мной в нескольких конструкциях: в стереоварианте, в единой конструкции с приёмником и в точной копии описания [1]. Ниже приведено краткое описание модернизированного варианта лампового УМЗЧ с экспандером. Изменения схемы усилителя коснулись темброблока, оконечного каскада и некоторых элементов цепей питания. Параметры усилителя по отношению к [1] изменились в лучшую сторону, хотя коэффициент усиления УМЗЧ незначительно снизился (за счёт ультралинейного включения ламп в оконечном каскаде и применения темброблока, работающего в цепи усиления сигнала, а не как в [1] – в цепи обратной связи). За счёт увеличения ёмкости конденсаторов в цепи питания снижен уровень фона переменного тока, снижению фона и шумов способствует также питание накала первой лампы от отдельной обмотки, или с балансировкой относительно общего провода, или с выпрямлением и последующим сглаживанием пульсаций, теперь уже, постоянного напряжения питания накала первой лампы УМЗЧ. Частотный диапазон расширен и составляет 20...20000 Гц с неравномерностью около 1,5...2 дБ. Глубина регулировки тембра в области НЧ и ВЧ составляет ± 20 дБ, относительно АЧХ в среднем положении регуляторов тембра. Чтобы не повторяться, пожалуйста, внимательно ознакомьтесь с материалом [1], а здесь будут приведены лишь дополнительные сведения, касающиеся модернизации УМЗЧ. Лампы оконечного каскада следует выбирать из одной партии, если есть возможность, то лучше отобрать идентичные по параметрам экземпляры, используя измерители параметров радиоламп. Выходной трансформатор тоже желательно иметь с симметричными первичными обмотками, наматывая их (каждую) на своём узком каркасе, которые одеваются затем на сердечник, вторичные обмотки (обмотка), также, наматываются (каждая) на своём каркасе и одеваются на общий сердечник выходного трансформатора. Можно применить и готовый трансформатор, например, от магнитофона “Дніпро-11” или другой техники, имеющей двухтактный выходной каскад, построенный по ультралинейной схеме. Такой трансформатор обеспечит удовлетворительное качество звучания, хотя и с повышенным коэффициентом искажений из-за неполной симметрии схемы выходного каскада. Вторичная обмотка обратной связи с большим количеством витков (трансформатор от магнитофона “Дніпро-11”) может быть использована, например, для работы с трансляционной линией: повышенное напряжение, приходя к абонентским приёмникам, понижается их трансформаторами и обеспечивает громкоговорящий приём с минимальным затуханием в линии (автором этот усилитель использовался в качестве трансляционного на ведомственном радиоузле).

Несколько слов об ультралинейном включении ламп оконечного каскада УМЗЧ. Известно, что триодные выходные каскады имеют низкое выходное сопротивление (импеданс), что упрощает выходные трансформаторы, способствует хорошему демпфированию акустических систем, что приводит, в конечном счёте, и к малым искажениям усиливаемого сигнала, однако, такие каскады имеют низкий коэффициент усиления, а на высоких частотах, за счёт паразитной ёмкости между электродами, при попытке увеличения коэффициента усиления, - склонны к самовозбуждению. Пентодные выходные каскады обладают высоким устойчивым коэффициентом усиления, но больше шумят, чем триодные и обладают высоким выходным импедансом, значит, требуют большого количества витков в первичных обмотках выходных трансформаторов, что влечёт за собой увеличение межвитковой ёмкости в них и, как следствие, завал частотной характеристики в области высоких частот. Из-за большой разницы в количествах витков эффект демпфирования нагрузки в таких усилителях ослаблен, совокупность этих признаков сказывается на качестве работы УМЗЧ с выходом на пентодах. Попытка соединить положительные качества УМЗЧ с выходом на триодах и пентодах, привела

к компромиссному решению – ультралинейной схеме включения ламп, действительно, если мы соединим экранные сетки ламп VL4 и VL5 (Рис. 1) с их анодами, мы получим триоды, если соединим экранные сетки с источником анодного питания, как это сделано в [1], то получим пентоды. Подключая экранные сетки к части витков первичных обмоток выходного трансформатора Т2, получаем компромиссный вариант – со всеми вытекающими отсюда (см. выше) последствиями. При возможности симметричного перемещения подключения экранных сеток по виткам первичных обмоток, имелась бы возможность плавно переходить от одного вида выходного каскада к другому: от пентодного к триодному и наоборот, выбирая необходимую конфигурацию УМЗЧ. На практике выбирают фиксированное положение отводов, задавая необходимые параметры оконечным каскадам, обычно, ближе к пентодным, нежели к триодным.

Современное положение в технике звуковоспроизведения таково, что, несмотря на всякие схемотехнические ухищрения, полупроводниковая техника не обеспечивает, так называемого “мягкого” успокаивающего звучания фонограмм в силу наличия большого количества гармоник высоких порядков, биений между ними, которые не так легко подавить. Положение усугубляет и цифровая запись фонограмм, характеризующаяся наличием колебаний частот дискретизации, которые тоже необходимо подавить. Ламповые схемы обладают наличием меньшего количества высших гармоник, а в балансных схемах, одним из примеров которых является и оконечный каскад приводимого УМЗЧ, при точной балансировке (симметрии) подавляются ещё и все чётные гармоники, звучание фонограмм становится менее жёстким, такой звук хочется слушать и слушать...

Применяя приставку, которая оставляет на неизменном уровне “барабанные” звуки и “поднимает” среднечастотные и высокочастотные составляющие фонограммы, дополнительно, пользуясь регуляторами тембра, можно выправить “возрастные АЧХ”, довести до нормального восприятия высокочастотных составляющих, уменьшающихся из-за старения слуха и ослабить низкочастотные составляющие, так “бьющие по мозгам” по костной проводимости.

Итак, перейдём к принципиальной схеме УМЗЧ с экспандером – Рис. 1:

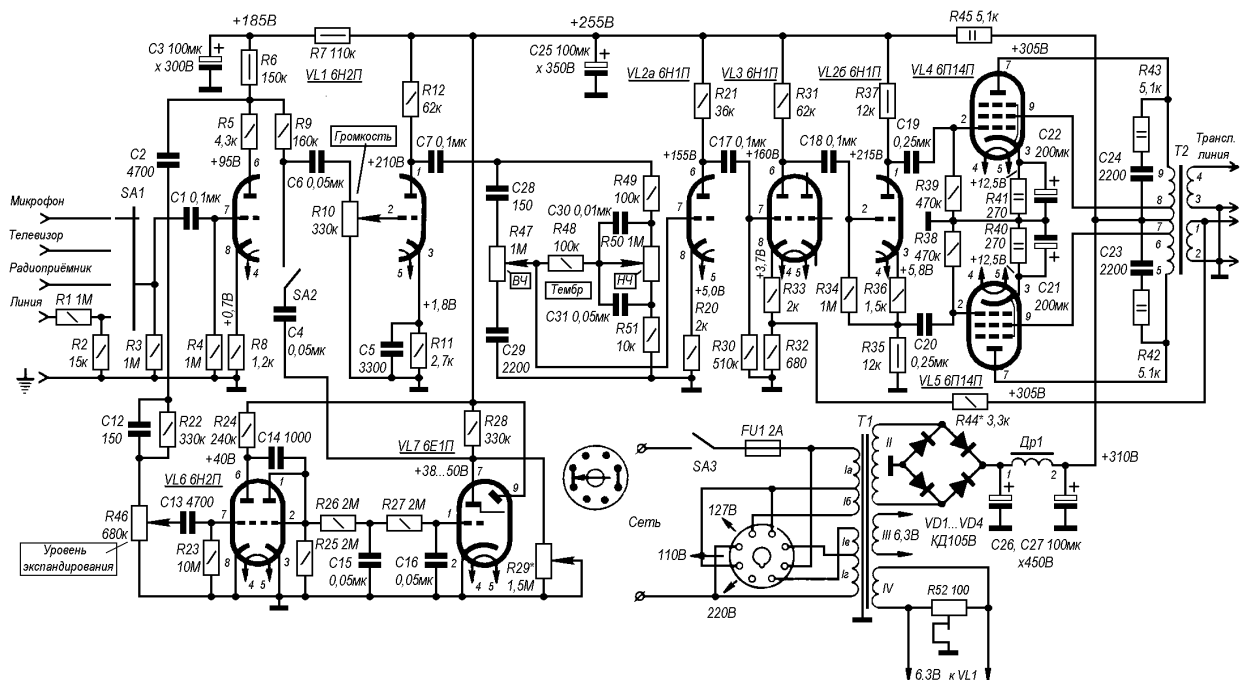


Рис. 1. Ламповый усилитель звуковых частот с экспандером. Схема принципиальная электрическая

ЗЧ сигнал от различных источников (микрофона, телевизора, радиоприёмника или трансляционной линии), будучи выбранным с помощью переключателя SA1, через разделительный конденсатор C1 поступает в цепь управляющей сетки левого (по схеме) триода лампы VL1. Резисторы R1 и R2 служат делителем напряжения (устраняют избыток напряжения), поступающего из трансляционной линии, резистор R3 служит для уменьшения щелчков при коммутации источников ЗЧ сигнала, R4 – утечка управляющей сетки триода. Резистор R8 определяет режим триода по постоянному току и, одновременно, служит звеном автоматического смещения и отрицательной обратной связи по току ЗЧ (падение постоянного и переменного напряжений на этом резисторе при прохождении через него анодного тока приложены в противоположной полярности и фазе, соответственно, к управляющей сетке), что уменьшает шумы и искажения каскада. Резисторы R5, R6 и R9 служат для согласования входов экспандера и последующего каскада УЗЧ в анодной цепи левого триода лампы VL1. Конденсаторы C2 и C6 – разделительные по постоянному току. Конденсатор C12 и резистор R22 осуществляют частотную коррекцию сигнала, необходимую для нормальной работы экспандера. Для уменьшения шорохов, тресков и наводок, регулятор громкости перенесён со входа усилителя на вход его второго каскада: перемещением движка потенциометра R10 (вверх-вниз по схеме) производится регулировка громкости в усилителе. С движка этого потенциометра усиливаемый сигнал поступает на управляющую сетку второго (правого по схеме) триода VL1. Усиливается им и выделяется на анодной нагрузке – резисторе R12, через разделительный конденсатор C7 усиленный сигнал подаётся на темброблок для коррекции. Резистор R11 служит для цели автоматического смещения рабочей точки на характеристике этого триода, а конденсатор C5 устраняет отрицательную обратную связь по току в области высоких ЗЧ частот. Потенциометр R10 осуществляет и функцию утечки управляющей сетки этого триода. Переменные резисторы (потенциометры) R47 и R50, при перемещении их движков, осуществляют изменение АЧХ УЗЧ, заваливая или поднимая усиление в области высоких и низких звуковых частот, соответственно. Конденсаторы C28...C31 и резисторы R48, R49, R51 вместе с вышеупомянутыми потенциометрами образуют темброблок, с которого скорректированный ЗЧ сигнал поступает на управляющую сетку триода VL2a. Утечка сетки осуществляется через комбинацию резисторов: R48, R50, R51. Резистор R20 обеспечивает отрицательное смещение на управляющей сетке этого триода и отрицательную обратную связь по току ЗЧ. Усиленный этим триодом сигнал выделяется на резисторе анодной нагрузки R21 и через конденсатор C17 подаётся в цепь управляющей сетки триода VL3. Резистор R30 – утечка сетки этого триода. Резисторы R32 и R33 осуществляют автоматическое отрицательное смещение на сетке этого триода, осуществляют отрицательную обратную связь по току ЗЧ и согласование введения отрицательной обратной связи с выхода УЗЧ, осуществляемой через резистор R44 со вторичной обмотки выходного трансформатора T2. Усиленный этим триодом сигнал выделяется на резисторе анодной нагрузки R31 и через разделительный конденсатор C18 подаётся в цепь сетки триода VL2б, осуществляющего функцию фазовращателя: сигналы на нагрузках такого каскада R35 и R37 противоположны по фазе (имеют смещение на 180 градусов) для обеспечения поочерёдной работы ламп оконечного каскада выполненного по, так называемой, пушпульной (англ. Push-pull) - двухтактной балансной схеме на пентодах VL4 и VL5. Резистор R36 служит для обеспечения смещения рабочей точки триода на его АЧХ. Противофазные сигналы подаются в цепи управляющих сеток пентодов через разделительные конденсаторы C19 и C20. Резисторы C38 и R39 – резисторы утечек управляющих сеток пентодов. Резисторы R40 и R41 осуществляют автоматическое смещение рабочих точек ламп на их АЧХ (подзапирая их отрицательным напряжением, снимаемым с этих резисторов и подаваемым через резисторы утечек управляющих сеток относительно катодов). Конденсаторы C21 и C22 устраняют отрицательную обратную связь по току ЗЧ в оконечном каскаде. Цепочки C42R23 и C43R24 выравнивают

сопротивление первичных обмоток выходного трансформатора Т2 для токов ЗЧ разных частот (при их отсутствии возможен даже междувитковый пробой в обмотках Т2). Одна из вторичных обмоток Т2 (1-2) используется для подключения нагрузки – акустической системы, другая (3-4) – для работы в трансляционную линию с рабочим напряжением 30...120 В. Оконечный каскад включен по так называемой ультралинейной схеме – промежуточной между триодным и пентодным включением ламп. Симметричным перемещением отводов по первичным обмоткам можно установить наиболее желаемый режим работы каскада, наиболее мягкое, приятное для слуха звучание, при достаточной выходной мощности. Эти показатели компромиссны: чем ближе отводы к анодам ламп, тем качественней звук, но ниже выходная мощность (см., например, [4]). При самостоятельном изготовлении выходного трансформатора, можно сделать ряд симметричных выводов от первичных обмоток Т2 и, при необходимости их симметрично для обеих ламп переключать.

Отличительной чертой этого УЗЧ является наличие встроенного устройства расширения динамического диапазона – экспандера (англ. to expand - расширять). Механизм расширения работает так: в режиме молчания, при замкнутых контактах выключателя SA2, между цепью прохождения сигнала УЗЧ и общим проводом (корпусом) включена последовательная цепочка C4VL7, электронно-оптический индикатор VL7 - лампа типа 6Е1П выступает здесь в роли переменного резистора, управляемого амплитудой напряжения усиливаемого сигнала. Характеристика экспандера частотозависима (подробнее см. [1]). В области высоких и средних звуковых частот каждое увеличение громкости звука будет приводить к увеличению динамического сопротивления лампы VL7, что приведёт к увеличению уровня усиливаемого сигнала, чем громче сигнал, тем больше коэффициент усиления УЗЧ. Максимальное расширение составляет 10...14 дБ (VL7, практически, закрыта). На низких ЗЧ частотах экспандер фактически не работает, так выбрана корректирующая цепочка C12R33, что пропускает на управляющую сетку левого (по схеме) триода VL6 только составляющие ВЧ и частично СЧ (через C12), нижние частоты ослаблены большим сопротивлением резистора R33. Переменный резистор R46 позволяет оперативно регулировать уровень расширения динамического диапазона, конденсатор C13 – разделительный (заметьте, он тоже небольшой ёмкости: во-первых, чтобы снизить уровень НЧ составляющих, во-вторых, обратите внимание, - сопротивление резистора утечки управляющей сетки R23 составляет 10 мегаОм, а катод лампы соединён напрямую с общим проводом, смещение рабочей точки осуществляется только за счёт тока сетки, с такими каскадами связь должна быть слабой – высокий входной импеданс). Резистор R24 является анодной нагрузкой усилителя, конденсатор C14 – разделительный. Правый триод VL6 работает как вакуумный диод, осуществляя выпрямление переменного напряжения ЗЧ, следом идёт интегрирующая цепочка, состоящая из резисторов и конденсаторов, цель которой – сгладить пульсации выпрямленного напряжения и обеспечить управление лампой VL7 не быстро (не по огибающей сигнала), но и не медленно, чтобы управление могло успевать за меняющейся динамикой ЗЧ программы. Утечка с управляющей сетки VL7 на корпус осуществляется через резисторы R25...R27. Резистор R29 – подстроечный, служит для начальной установки режима лампы VL7 по “узкому”размеру светящегося сектора в режиме без сигнала при замкнутых контактах выключателя SA2, при нижнем (по схеме) положении движка R46. Питание усилителя от сети переменного тока осуществляется через трансформатор от старых радиол первого класса. Напряжения указаны на принципиальной схеме, допустимо их отличие до 10% от указанных. Поточнее лишь следует подобрать напряжение накала (6,3 В), особенно при самостоятельной намотке силового трансформатора. Лампа предварительных каскадов VL1 питается от отдельной обмотки накала, между проводами которой включен подстроечный балансировочный резистор R52. В полностью собранном усилителе с подключенной акустической системой и отключенном экспандере, устанавливаются максимальную громкость, регуляторы тембра -

в положение максимальной полосы (подъём низких и высоких частот). Вращением оси подстроечного резистора R52 устанавливаем на выходе минимальный уровень фона переменного тока и шумов. Накал к другим лампам подводится скрученными между собой проводами от другой обмотки 6,3 В. Соединение одного из проводов накала с общим проводом осуществляется непосредственно у одной из ламп (экспериментально, по минимуму фона).

Привыкшим к построению низковольтных транзисторных устройств и устройств на микросхемах, немного сложно будет привыкать к высоковольтным цепям, применять детали с рабочим напряжением в сотни вольт (все конденсаторы, например, рассчитаны на рабочее напряжение 250...500 В, смотрите напряжения в цепях на схеме (Рис. 1) и устанавливайте конденсаторы на соответствующее рабочее напряжение). Возрастает риск поражения током, будьте внимательны, при настройке операций, перепайки осуществляйте при отключенном напряжении питания и спустя, хотя бы секунд двадцать-тридцать, чтобы успели разрядиться электролитические конденсаторы.

УЗЧ выполнен на таком же шасси, как в оригинале [1], с той же расстановкой ламп. В последнем моём варианте, на входе включен встроенный пассивный микшер.

Итак, построен новый усилитель, пусть не экстра-класса, но простой и позволяющий почувствовать всю прелесть мягкого лампового звука. Способность с возрастом воспринимать высокочастотные составляющие фонограмм утрачивается не сразу, а лишь ухудшается в той или иной степени, вернуть прежнее полное восприятие фонограмм можно скорректировав звучание темброблоком, но есть ещё и такое понятие как динамический диапазон, восприятие которого с возрастом также притупляется, в силу изменений в структуре нашего органа слуха. Восстановить прежнюю музыкальную картину произведений, слышанных ранее и поможет предлагаемый модернизированный ретро-усилитель ЗЧ. Приглушив “барабаны” ударных инструментов, удаётся “вытянуть” мелодию и осуществить её благотворное влияние на организм человека и устранить раздражающее и разрушающее.

Очень приятно звучат женские соло и дуэты, классическая музыка, эстрадные песни.

Следует предостеречь от иллюзий создателей усилителя, расширение динамического диапазона на 10 дБ означает увеличение мощности в 10 раз, данный усилитель имеет выходную мощность всего порядка 12 Вт, поэтому не пытайтесь выдавить из УЗЧ больше, чем он может дать, подавая на вход всё больше и больше, - получите либо искажения, либо выход из строя усилителя и разочарования.

Данные выходного трансформатора:

сердечник Ш19 х 33;

обмотка 1-2 - 72 витка ПЭЛ-0,69;

обмотка 3-4 – 800 витков ПЭЛ-0,15;

обмотка 5-6-7 – 800 + 600 витков ПЭЛ-0,15;

обмотка 7-8-9 – 600 + 800 витков ПЭЛ-0,15

Дроссель фильтра питания рассчитан на ток 150 мА (Ш19 х 28 – 3000 витков ПЭЛ-0,2)

- Литература: 1. Н. Зыков. Усилитель НЧ с экспандером. Радио № 12 1966 г стр. 29...32 и вкладка
2. В. Большов. Усилитель низкой частоты. Радио № 7 1965 г стр. 33...35 и вкладка
3. В. Лазаревич, А. Миркин. Магнитофон “Днепр-11”. Радио № 10 1961 г стр. 25...29 и вкладка
4. О. Платонов. Двухтактный стереоусилитель на 6П14П. Радио №5 2010 г стр. 14...16