

Гибридный усилитель для наушников

М. ШУШНОВ,
г.Новосибирск.

E-mail: pinkfloyd@front.ru

Вопрос о преимуществах и недостатках электронных ламп, транзисторов и интегральных микросхем фактически решился в пользу транзисторов и микросхем. При этом цены на мощные полевые транзисторы MOSFET (технология HEXFET фирмы International Rectifier) постоянно снижаются и уже не так "кусаются". Однако электронные лампы в последнее время "возвращаются в моду" и находят широкое применение в конструкциях усилителей звуковых частот.

Как показывает опыт, для прослушивания стереофонических музыкальных программ на стереотелефоны целесообразно использовать отдельный высококачественный усилитель ЗЧ (маломощный). Реализация высоких качественных показателей стереофонических усилителей является задачей весьма трудной и во многом противоречивой. Так, например, повышение выходной мощности УЗЧ приводит к увеличению нелинейных искажений, а чем шире полоса пропускания усилителя, тем больше уровень шумов на его выходе, и т.п.

Достигнуть малого уровня собственных шумов при широкой полосе рабочих частот УЗЧ можно, если входные каскады обоих каналов усилителя выполнить на электронных лампах, питающихся пониженным анодным напряжением, а выходные — на полевых транзисторах с индуцированным каналом. При этом коэффициент нелинейных искажений во всем диапазоне рабочих частот получается минимальным и, как правило, не превышает 0,2%. Применение электронной лампы на входе обеспечивает, к тому же, высокое входное сопротивление усилителя, что позволяет подключить к нему непосредственно даже пьезокерамический звукозаписывающий элемент. Это обеспечивает также "теплое ламповое

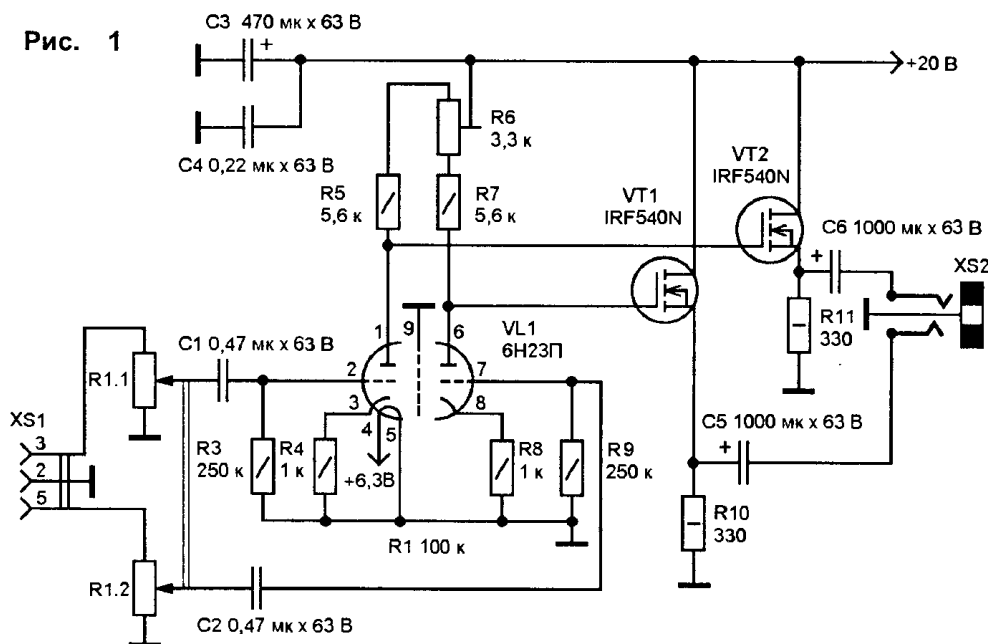
звучание", которое часто нравится слушателям.

Лампово-транзисторный усилитель ЗЧ для стереотелефонов с использованием полевых транзисторов и ламп, схема которого приведена на рис.1, предназначен для прослушивания различных программ при совместной работе с проигрывателем компакт-дисков, DVD-плеером, компьютером, магнитофонной приставкой или стереофоническим ЭПУ.

R6 выравниваются коэффициенты усиления каскадов. В катодные цепи лампы включены резисторы R4 и R8, обеспечивающие отрицательную обратную связь и малые нелинейные искажения усилителя в целом. Нить накала лампы питается постоянным током напряжением 6,3 В от выпрямителя. Такое питание позволяет избавиться от сетевого фона.

Второй каскад каждого канала представляет собой истоковый повторитель. Гальваническая связь

Рис. 1



Основные параметры УЗЧ

Номинальная выходная мощность, мВт	25
Чувствительность, мВ	250
Полоса рабочих частот, Гц	5...80000
Неравномерность частотной характеристики, дБ, не более	±2
Коэффициент нелинейных искажений, %, не более	0,2
Уровень собственных шумов при открытом входе, дБ, не более	-75

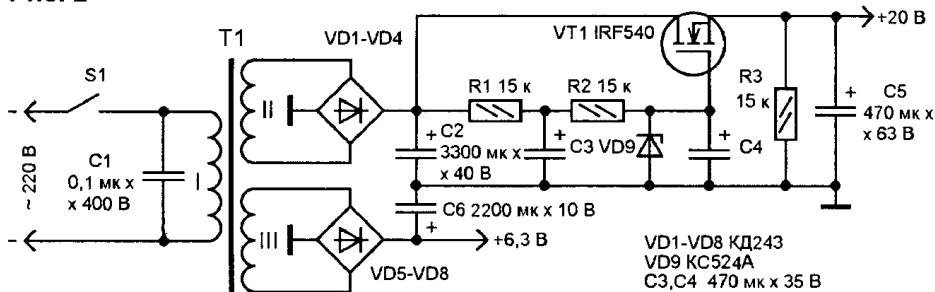
Усилитель содержит два идентичных двухкаскадных канала. Входные каскады, выполненные на триодах лампы VL1, обеспечивают усиление сигнала. Анодной нагрузкой левого каскада служит резистор R5, правого — R7. Подстроечным резистором

между каскадами обеспечивает высокую стабильность фазовых характеристик усилителя. Конденсаторы C5 и C6 — разделительные между усилителем и наушниками.

Уровень громкости в каналах усилителя регулируют сдвоенным пере-

менным резистором R1. При желании этот резистор можно заменить двумя отдельными. В этом случае появляется возможность регулировки баланса между каналами. Питание усилителя (кроме накала лампы VL1) осуществляется от источника постоянного тока напряжением 20 В. Потребляемый ток не превышает 80 мА. Отличительной особенностью усилителя является низкое анодное напряжение лампы (всего 20 В). Таким образом, один из главных недостатков ламповой схемотехники — высокие напряжения — в данной схеме отсутствует.

Рис. 2



Если усилитель изготавливается в виде автономной конструкции, его блок питания можно собрать по схеме, приведенной на рис.2. Особенностью стабилизатора напряжения анодной цепи является использование полевого транзистора с изолированным затвором (VT1) в качестве регулирующего элемента и наличие системы плавного увеличения напряжения при включении питания. Наличие такой системы продлевает срок службы лампы, т.к. обеспечивает “мягкий” режим включения: анодное напряжение подается через 20 с после включения усилителя на уже прогретую лампу.

Усилитель можно разместить на печатной плате либо выполнить навесным монтажом. При монтаже следует экранировать входные цепи, а экранные оплетки входных кабелей соединять в одной точке с резисторами R3, R4, R8, R9 и выводом 5 лампы VL1 (рис.1).

Транзисторы работают без радиаторов, поскольку на них рассеивается

всего около 1 Вт мощности, и температура корпуса составляет около 70°C. Лампу 6Н23П можно попробовать заменить лампой 6Н3П, но в этом случае, возможно, потребуется увеличить напряжение питания до 25...30 В. При замене также следует учитывать, что некоторые экземпляры 6Н3П оказываются вовсе неработоспособными при низком напряжении питания. Кроме того, лампа 6Н3П имеет другое расположение выводов. При повышении напряжения питания свыше 20 В необходимо применять меры по защите тран-

зисторов. Для этого между затвором и истоком включается стабилитрон с напряжением стабилизации 15...18 В, например, КС215, 55С18. Вместо транзисторов IRF540N можно использовать IRF510N-IRF530N и их аналоги, КП743-КП746 с любым буквенным индексом, производства НПО “Интеграл” (г. Минск). С полевыми транзисторами IRF510N, IRF520N или IRF530N полоса усиливаемых частот расширяется пропорционально уменьшению “подзатворной” (входной) емкости транзисторов и для IRF530N составляет уже 100 кГц, а для IRF510N — 130 кГц. Следует отметить, что транзисторы с индексом “N” имеют в 1,5...2 раза меньшее значение “подзатворной” емкости, чем транзисторы без индекса, и стоят на 30-50% дешевле. Поэтому рекомендуется использовать именно их, в противном случае произойдет ухудшение частотных свойств усилителя. Конденсаторы C1, C2 и C4 — типа К73-17,

К73-9 или аналогичные импортные. Применять конденсаторы типов КМ, К10-17 не следует, т.к. они часто “шумят”. Если на выходе источника сигнала присутствуют разделительные конденсаторы, то тогда C1 и C2 можно вообще исключить из схемы. Конденсаторы C3, C5 и C6 лучше использовать ф. Jamicon или Rubycon. От конденсаторов китайских фирм следует отказаться ввиду их низкой надежности и плохих параметров. Не следует также применять высокотемпературные конденсаторы. Подстроечный резистор R6 — типа СПЗ-38, но можно использовать СПЗ-19 и др. Сдвоенный переменный резистор R1 — СПЗ-33, СПЗ-4 или аналогичный импортный, желательнее группы “В”. Постоянные резисторы — МЛТ-0,25 и МЛТ-1. Разъем XS1 — СГ-5, а XS2 — любой, подходящий под штекер наушников. Стереонаушники могут иметь сопротивление звуковой катушки по постоянному току от 8 до 100 Ом.

В блоке питания следует обратить особое внимание на диоды выпрямителя, питающего цепь накала лампы (VD5...VD8), поскольку при включении питания нить накала лампы холодная, ее сопротивление в начальный момент в 3...6 раз меньше, чем в разогретом состоянии, и ток через диоды выпрямителя может достигать 1,5 А. Поэтому импортные диоды серий 1N4001-1N4007 применять в выпрямителе накала не следует, так как они не выдерживают скачка тока при включении. Лучше использовать отечественные КД243 или КД213 с любыми буквенными индексами, либо диоды других серий, рассчитанные на максимальный выпрямленный ток не менее 500 мА. Можно использовать импортные диодные мосты, рассчитанные на ток не менее 1 А. Диоды VD1...VD4 можно заменить практически любыми выпрямительными диодами, рассчитанными на ток не менее 0,1 А. Стабилитрон VD9 КС524А можно заменить импортным

BZX84C24, 1N970A, 1N4116, 1N3029 либо другим с напряжением стабилизации 22...24 В. Конденсатор С1, устраняющий проникающие из сети помехи, может быть типов К73-17, К78-1 на номинальное напряжение не ниже 400 В. Электролитические конденсаторы — типа К50-35, или аналогичные импортные. Транзистор в блоке питания (IRF540) можно заменить на IRF530, КП745, КП746. Его желательно установить на радиатор площадью около 20 см². Трансформатор питания Т1 можно использовать готовый, мощностью около 10 Вт. Обмотка II должна быть рассчитана

на напряжение около 22...27 В при токе 0,15 А, обмотка III — на напряжение 6...6,5 В при токе не менее 0,4 А. Конструкция блока питания — произвольная.

Налаживание усилителя, собранного из заведомо исправных деталей, несложно. Включив питание и прогрев лампу в течение 3...5 минут, на входы усилителя подают от звукового генератора сигнал частотой 1000 Гц и амплитудой около 0,1 В. Подстроечным резистором R6 добиваются равенства амплитуд сигналов на выходах усилителя. Контроль амплитуды напряжения осуществляют с помо-

щью вольтметра или осциллографа. Если выходная мощность усилителя окажется выше требуемой, можно увеличить сопротивления резисторов R10 и R11. Однако заменять их резисторами сопротивлением более 510 Ом нецелесообразно. Если возникают искажения сигнала, то можно попробовать подобрать катодные сопротивления автоматического смещения R4 и R8. Следует заметить, что если лампа с момента производства еще не использовалась, то ее следует заранее прогреть в течение полчаса, а только потом приступать к настройке усилителя.

Ламповый УМЗЧ класса Hi-Fi

В. ФЕДОРОВ,
г. Липецк.

E-mail: connectiv@yandex.ru

Трехканальный (2 канала ВЧ и общий НЧ) ламповый усилитель мощности звуковой частоты (УМЗЧ) предназначен для усиления стереофонических сигналов с дополнительным низкочастотным каналом (Subwoofer). Основные параметры усилителя приведены в **таблице**.

ют в классе АВ. Это позволяет обеспечить компромисс между величиной нелинейных искажений (минимальной для выходных каскадов, работающих в классе А) и КПД усилителя (максимального для двухтактных схем, работающих в классе В). Усилитель имеет принудительное

звучания УМЗЧ в целом.

Схема усилителя показана на **рис.1**. Малогабаритный двойной триод VL1 работает в качестве входного буферного усилителя. Уровни входных сигналов левого и правого каналов регулируются переменными резисторами R1 и R2. Высокое входное сопротивление буферного усилителя позволяет подключать практически любые источники звуковых сигналов. С выходов буферного усилителя сигналы обоих каналов подаются в канал Subwoofer и на фазоинверторы на малогабаритном двойном триоде VL2.

Противофазные сигналы поступают на усилители "раскачки" на двойных триодах VL5 и VL6. Сигналы, усиленные до требуемого уровня, возбуждают выходные лампы VL8...VL11. Их нагрузками служат первичные обмотки выходных трансформаторов Т1, Т2, согласующих высокое сопротивление ламп выходных каскадов с сопротивлением акустических систем. Для балансировки плеч выходного каскада используются переменные резисторы R70 и R76.

Канал Subwoofer содержит буферный усилитель на малогабаритном

Чувствительность по входам, мВ		250	
Входное сопротивление, МОм		1	
Уровень фона 50 Гц, дБ, не более		-80	
Выходное сопротивление каналов, Ом		8	
Полоса частот (при неравномерности АЧХ ± 1 дБ), Гц		Left, Right	40...30000
		Subwoofer	20...800
Выходная мощность, Вт	Номинальная	Left, Right	10
		Subwoofer	25
	Максимальная	Left, Right	15
		Subwoofer	40
Коэффициент нелинейных искажений при номинальной выходной мощности, %, не более		Left, Right	0,4
		Subwoofer	0,2

Высокие эксплуатационные характеристики УМЗЧ достигнуты благодаря работе выходных ламп в щадящем режиме (выходная мощность не превышает 30% их предельно допустимой).

Выходные каскады УМЗЧ построены по двухтактной схеме и работа-

воздушное охлаждение, которое применяется во всех авторских схемах усилителей мощности с 1995 г. Кроме того, в схеме применен ряд технических решений, позволяющих максимально снизить фон питающего напряжения 50 Гц, что существенно сказывается на улучшении "про-