

Гибридный УМЗЧ

В. ГРИШИН, г. Владимир

Предлагаемый автором усилитель отличается малым числом усилительных и радиоэлементов, отсутствием межкаскадной обратной связи. К особенностям выходного каскада можно отнести применение дроссельной нагрузки, которая позволяет получить непосредственную связь с акустической системой, причём дроссель фактически шунтирует её по постоянному току.

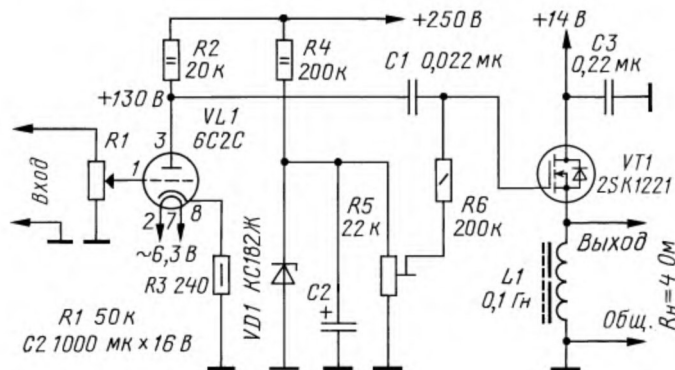
В описываемом здесь гибридном усилителе реализована идея однотактного выходного каскада с бестрансформаторным выходом и непосредственной связью с нагрузкой. Идея базируется на концепциях, изложенных в статьях, часть из которых напечатана в сборнике семинара российской секции AES, проходившего в МТУСИ в рамках выставки "Российский Hi-End 2003" [1], а другая часть — на сайте [2]. На выставке "Российский Hi-End 2004" усилитель демонстрировался совместно с акустикой фирмы "Christalvox" и получил высокую оценку слушателей и специалистов.

Позже усилитель прошёл этап усовершенствования: вместо применявшегося в выходном каскаде полевого транзистора IRF830 был найден более совершенный по своим качественным показателям транзистор аналогичной структуры. Это позволило снизить коэффициент гармоник выходного каскада при номинальной выходной мощности до 0,3 %, причём при снижении мощности искажения быстро спадают.

Схема одного канала усилителя показана на рисунке. Этот УМЗЧ отличается коротким трактом и минимальным числом радиоэлементов. Усилитель напряжения на вакуумном триоде VL1 обеспечивает необходимый уровень сигнала для "раскачки" усилителя тока на транзисторе VT1.

Каждый каскад имеет высокую линейность амплитудной характеристики, что позволяет не использовать петлю общей ООС. Нагрузка (АС) с импедансом 4 Ом включена непосредственно в цепь истока транзистора VT1. Смещение на его затворе формируется элементами R4, R5, R6, VD1, C2, что позволяет осуществить установку требуемого тока покоя каскада. Стабилизация режима усиления класса А сохраняется при изменении напряжения питания в допустимых пределах. Большая ёмкость конденсатора C2 обеспечивает при подаче питания мягкое включение транзистора и выход в рабочий режим.

Ток покоя выходного каскада, равный 3 А, и его напряжение питания



Синусоидальная выходная мощность доведена до 16 Вт на канал (музыкальная — 25 Вт), КПД выходного каскада повышен до 40 %, что позволило отказаться от компьютерных вентиляторов из-за их шума, охлаждая транзисторы обычным теплоотводом площадью 1500...2000 см². Верхняя граница полосы частот усилителя — около 200 кГц. Уровень фона и шумов не измерялся, они совершенно не слышны с места прослушивания в жилой комнате при использовании АС чувствительностью 87...90 дБ. Выходной дроссель совершенно не вносит никакой окраски в звук. Именно такой, усовершенствованный вариант более мощного и качественного усилителя предлагается вниманию читателей.

14 В выбраны из расчёта подключения АС с номинальным импедансом 4 Ом. Для АС, имеющей импеданс 8 Ом, оптимальный режим работы каскада достигается при напряжении питания 20 В и токе покоя каскада 2,1 А.

Непосредственное подключение АС к выходному каскаду возможно благодаря применению дросселя L1, индуктивность которого также связана с импедансом нагрузки (АС). На схеме его индуктивность указана для нагрузки 4 Ом, для сопротивления 8 Ом его индуктивность следует увеличить вдвое. Обозначение магнитопровода дросселя на схеме отражает особенность его конструкции, предложенной автором. Внешний слой выполнен из феррита, а основной, внутренний, — из

трансформаторной стали. Активное сопротивление обмотки дросселя L1 не превышает сотых долей ома, т. е. практически замыкает на общий провод постоянную составляющую тока транзистора VT1. Переменная составляющая во всей полосе частот отводится в нагрузку (АС).

Блок питания содержит три сетевых трансформатора (для накала ламп, анодного напряжения, для выходных каскадов), но относительно прост и в подробных комментариях не нуждается. Для выпрямления анодного напряжения автор применил малоомощный кенотрон (двойной диод 6Х2П) и накопительные конденсаторы фильтра общей ёмкостью около 150 мкФ, а также дополнительные RC-фильтры. Это обеспечило плавность нарастания напряжения питания 250 В для исключения скачка напряжения на затворе полевого транзистора (об этом сказано ранее) и меньший спектр гармоник выпрямителя.

Функция "Stand-by" может быть реализована отключением цепи смещения VT1 от анодного напряжения в блоке питания без отключения блока питания от сети. Ёмкость конденсаторов выпрямителя питания для выходного каскада следует выбрать исходя из сопротивления АС. Автор использовал пару конденсаторов ёмкостью по 47000 мкФ, общих для двух каскадов стереоусилителя, рассчитанного на нагрузку сопротивлением 4 Ом. Для АС сопротивлением 8 Ом их ёмкость можно уменьшить (до 33000 мкФ каждый). Применение диодного выпрямителя вместо кенотронного возможно при введении защитного стабилитрона между затвором и истоком полевого транзистора.

Немного о выборе деталей. При подборе типа резисторов для регуляторов громкости следует определиться — регулировку сделать общей или раздельной по каналам? В первом случае следует отдавать предпочтение дорогим резисторам ALPS. Во втором случае подойдут и менее дорогие с демпфированием вращения. От регулятора громкости можно отказаться совсем, если проигрыватель компакт-дисков имеет дистанционную регулировку громкости. В этом случае между сеткой триода и общим проводом следует включить постоянный резистор сопротивлением 47...56 кОм.

В качестве входного триода подойдёт довольно широкая номенклатура ламп, как одинарных, так и двойных, октальных и пальчиковых, например, 6C2П, 6Н1П.

Каждый триод вносит свою окраску звука, поэтому выбор остаётся за читателями. Однако, по результатам субъективной оценки, предпочтение было отдано 6C2C несмотря на неидеальный вид его выходных характеристик. Дело в том, что для "раскачки" выходного каскада требуется очень небольшой участок амплитудной характеристики. В пределах этого участка линейность достаточно высока. Номиналы резисторов R2 и R3 оптимальны для выбранного участка характеристики триода 6C2C и, естествен-

но, будут другими для иных триодов. Все резисторы — углеродистые любых типов.

В качестве разделительного конденсатора С1 автор применял в основном К40У-9. В качестве полярных конденсаторов в усилителе и блоке питания достаточно использовать оксидные фирмы JAMICON. Вместо стабилизатора КС182Ж (VD1) можно применить любой стабилизатор серий КС175Ж—КС210Ж. Указанный на схеме тип полевого транзистора незаменим, по моему мнению, с точки зрения качества звука, хотя по электрическим параметрам имеет большое число аналогов.

В блоке питания применены сетевые трансформаторы серии ТТП, которые можно приобрести. Применение трёх или двух готовых трансформаторов вместо одного позволяет отказаться от их самодельного изготовления. Кроме этого, раздельное питание предварительных и выходных каскадов исключает нежелательную связь по цепям питания. Трансформатор для питания выходных каскадов взят автором с трёхкратным и более запасом по мощности (на 150...250 Вт). Для варианта с АС 4 Ом напряжение вторичной обмотки равно 12 В, с АС 8 Ом — 18 В. Остальные трансформаторы рассчитаны на мощность до 15 Вт.

Полупроводниковые диоды мощного выпрямителя (мостовая схема) для питания транзисторных каскадов должны выдерживать ток до 30 А (лучше диоды Шотки КД2998В, КД2998Г или их зарубежные аналоги). Выпрямитель анодного питания также выполнен по мостовой схеме, причём один полумост выполнен на двойном вакуумном диоде 6Х2П, а другой — на полупроводниковых диодах, например КД105. Вместо указанной лампы можно применить её октальный аналог 6Х6С или кенотрон 6Ц5С. В RC-фильт-

рах анодного питания можно применить конденсаторы МБГЧ, МБГО либо плёночные К73-16, К73-17.

Монтаж усилителя и блока питания выполнен навесным способом, все соединения сделаны проводом МГТФ, за исключением цепей мощного каскада и его выпрямителя, которые выполнены "акустическим" проводом сечением 1,5 мм². Цепи питания, в том числе и цепи накала ламп, можно выполнить монтажным проводом соответствующего сечения с обычной ПВХ изоляцией. Для снижения фона и помех соответствующие пары проводов должны быть плотно свиты.

Если дроссели, подходящие для выходного каскада, приобрести не удастся, то можно изготовить самостоятельно. Выходные дроссели, разработанные автором, доводились до совершенства не один год. Для их изготовления необходим медный эмалированный обмоточный провод диаметром 2 мм для четырёхомной нагрузки и 1,78 мм для восьмиомной нагрузки, магнитопровод броневого конструкции (ШЛМ20х40).

Все детали размещены в прямоугольном деревянном корпусе 300х300х100 мм. Металлические панели при изготовлении корпуса желательно не использовать. Теплоотводы мощных транзисторов располагают на боковых стенках с зазором между ними в 15...20 мм, а опоры корпуса должны обеспечить подъём нижних сторон теплоотводов на 20...30 мм над поверхностью стола (подставки под усилитель), чтобы обеспечить конвекционный поток воздуха.

Налаживание усилителя сводится к установке тока покоя транзистора подстроечным резистором для каждого из каналов. Перед включением движок резистора должен быть выведен в крайнее (нижнее по схеме) положение. Однако первые 3...4 ч после установки тока следует контролировать его до

окончательного установления температуры теплоотвода.

Малое число радиоэлементов обеспечивает высокую надёжность усилителя, который выдерживает как короткое замыкание нагрузки, так и разрыв её цепи сколь угодно длительное время.

Усилитель имеет хорошую повторяемость не только в работоспособности, но и в достижении высокого качества звука. По результатам субъективной оценки особенно подкупает разрешающая способность, хорошее демпфирование баса, ощущение большого динамического диапазона, чёткая атака звука, любые динамические перепады не искажают натуральность звучания музыкальных инструментов.

При комплектации всего звукового тракта следует учесть, что усилитель рассчитан на подключение источника со стандартным выходом, например, проигрывателя компакт-дисков (максимум 2 В). Мощность подключаемой АС должна быть, по крайней мере, в два раза больше номинальной мощности усилителя. При самодельном изготовлении АС автор не рекомендовал бы использовать разделительный конденсатор в составе фильтра среднечастотного звена АС, так как преимущество непосредственного включения нагрузки будет утеряно именно для средних частот, тем более что найти конденсатор высокого качества на десятки микрофард достаточно сложно. Поэтому более предпочтительной может оказаться двухполосная АС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский HI-END 2003. Материалы научно-технического семинара. — М.: МТУСИ, 2003.
2. Мир Audio. Электронное периодическое издание. — <audioworld.ru>.

(Окончание следует)

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

МОСКВА. РГРК "Голос России" с 1 января 2013 г. вещает в Германии только на одной частоте — 693 кГц (передатчик в Целендорфе). Трансляции на частотах 630, 1323 и 1431 кГц прекращены в конце прошлого года.

Радиостанция "Голос России" намерена начать в Пакистане вещание на языке урду в УКВ диапазоне. Об этом было сообщено на прошедшей в Лахоре третьей всепакистанской конференции слушателей "Голоса России". Ранее радиовещание на Пакистан осуществлялось только на средних и коротких

волнах, что сужало круг слушателей радиостанции, особенно среди молодёжи, которая активно слушает УКВ станции. Радиовещание на языке урду из России началось в 1942 г., ещё до того, как Британская Индия, частью которой являлся современный Пакистан, получила независимость. В прошлом году служба радиовещания из Москвы на урду отметила 70-летие.

В предыдущих выпусках рубрики мы уже сообщали о предстоящем сокращении иновещания РГРК "Голос России" из-за сокращения финансирования компании. На сайте радиостанции появилось новое расписание трансляций на русском языке, действующее с 1 января 2013 г. (см. таблицу). При его анализе видно, что, за редким исключе-

нием, практически полностью прекращено вещание на коротких волнах. На некоторые направления (Юго-Восточная Азия, Австралия и Новая Зеландия, Африка, Атлантика) трансляции отменены совсем.

"...Минкомсвязи направило в правительство РФ проект постановления о модернизации сети мощного радиовещания, которая сейчас эксплуатируется госкомпанией РТРК, — сообщил "Известиям" источник, близкий к правительству. Эта сеть, по которой осуществляется трансляция на большие территории страны радиостанций "Маяк" и "Радио России", сегодня убыточна и готовится к закрытию. По данным, представленным РТРК в правительственную комиссию, из-за сокращения объёмов вещания компаниями ВТРК и "Голос России" убыточность мощного радио в 2013 г. вырастет до 2,5 млрд рублей против 1,01 млрд рублей в 2012-м. В проекте постановления предлагается провести модернизацию систем мощного радио-

Примечание. Время всюду — UTC. Время MSK — UTC + 4 ч.