

Усилитель ЗЧ с полевыми транзисторами

А. ЗЫКОВ, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл

Описываемый в статье усилитель используется автором для головных телефонов, однако при увеличении тока покоя однотактного выходного каскада, действующего в режиме класса А, усилитель способен работать с небольшой АС.

Мощные полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET) часто используются в выходных каскадах УМЗЧ [1, 2], причём в большинстве случаев эти транзисторы включают по схеме с общим стоком. У такого включения есть существенный недостаток — выходной каскад имеет коэффициент усиления по напряжению меньше единицы, и к затворам выходных транзисторов необходимо подводить напряжение большее, чем на нагрузке, плюс напряжение смещения, что вызывает определённые затруднения.

Обратной связи необходимо обеспечить малую фазовую погрешность.

Мнения о том, какова должна быть глубина обратной связи в высококачественном УМЗЧ, довольно противоречивы. Большая глубина позволяет получить низкие значения коэффициента нелинейных искажений, но может стать причиной динамических искажений и широкого спектра гармоник. Это явление связано с конечной скоростью прохождения сигнала через усилитель. Простой способ избежать динамических искажений в усилителях с большой глубиной обрат-

шой популярностью у аудиофилов. Автор пользуется предлагаемым усилителем для прослушивания грамзаписей более двух лет. При этом УМЗЧ целесообразно подключать непосредственно к выходу усилителя-корректора. Между ними достаточно установить сдвоенные переменные (или отдельные подстроечные) резисторы сопротивлением 10 кОм для согласования уровня сигнала.

Предлагаемый усилитель имеет широкий диапазон воспроизводимых частот и не склонен к самовозбуждению, хотя в нём нет специальных элементов частотной коррекции. Параметры усилителя измерены при активной нагрузке 30 Ом, подключённой к выходу через токоограничительный резистор сопротивлением 47 Ом, как это принято при подключении стереотелефонов. Сигнал контролировался в точке соединения стоков транзисторов VT4 и VT5.

Технические характеристики

Амплитуда выходного сигнала, В, при коэффициенте гармоник $\leq 0,5\%$	10
Полоса усиливаемых частот (по уровню -3 дБ), кГц, при выходном напряжении 2 В	0,01...1300
Скорость нарастания выходного сигнала, В/мкс	30
Среднеквадратическое напряжение шума в полосе частот 0,01...20 кГц при замкнутом входе, мкВ	50
Коэффициент усиления	20
Глубина обратной связи, дБ	28

Возникновение выброса на перепаде прямоугольного сигнала свойственно усилителям с высокой скоростью нарастания выходного сигнала. С этим не нужно бороться, за исключением случаев, когда процесс установления имеет колебательный характер, свидетельствующий о малом запасе устойчивости. Если же существует возможность попадания на вход усилителя импульсных или ВЧ помех, необходимо установить на входе интегрирующую RC-цепь (резистор сопротивлением 200 Ом и конденсатор ёмкостью 100 пФ).

Входной каскад усилителя выполнен на транзисторах VT1, VT2 по схеме ОК—ОБ с последовательным питанием. Такое включение при минимуме элементов даёт хорошую линейность и малый сдвиг фазы сигнала в широкой полосе частот, что обеспечивает устойчивость всего усилителя без дополнительных элементов коррекции. Шумовые свойства всего усилителя определяются в основном транзистором VT1.

Нагрузкой входного каскада является резистор R9, его сопротивление выбрано таким, чтобы ток через транзисторы составлял 6...8 мА. Такое значение принято минимально допустимым для перезарядки входной ёмкости транзистора VT5.

Выходной каскад выполнен на полевом транзисторе VT5, он работает в режиме класса А. В цепь стока транзистора VT5 включён источник постоянного тока на транзисторах VT3, VT4. Ток (примерно 0,25 А) задаёт резистор R10.

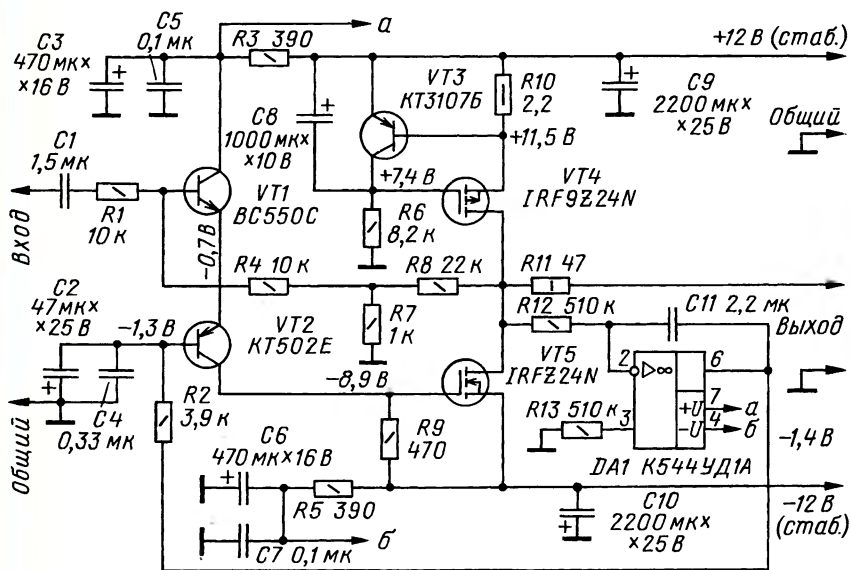


Рис. 1

В настоящее время наиболее распространены и дешевле полевые транзисторы, изготовленные по технологии HEXFET. Благодаря большим значениям крутизны характеристики (forward transconductance) таких транзисторов можно получить выходную мощность до десятков ватт, подводя к затворам выходных транзисторов, включённых по схеме с общим истоком, напряжение с амплитудой менее 1 В.

Передаточную характеристику транзистора IRF540N, например, в интервале значений тока 0,3...4 А, можно достаточно точно описать квадратичной функцией, поэтому спектр искажений сигнала не содержит гармоник выше второго порядка. Чтобы компенсировать такую нелинейность в широкой полосе частот без существенного расширения спектра искажений, в петле

ной связи состоит в ограничении скорости нарастания входного напряжения.

Другой, альтернативный способ исключения подобных искажений заключается в следующем. Усилитель, охваченный петлей общей ООС, должен иметь минимальную длину тракта (минимум каскадов) и максимальное быстродействие, чтобы обеспечить приемлемое время установления.

На основе такого принципа разработаны простые УМЗЧ, которые не содержат дорогостоящих и дефицитных деталей и без труда могут быть повторены даже начинающими любителями.

Усилитель с выходным каскадом на полевых транзисторах (схема одного канала показана на рис. 1) может быть использован для стереотелефонов с различным внутренним сопротивлением. Такие усилители пользуются боль-