

Известный английский разработчик высококачественной аудиотехники **Дуглас Селф** в своей последней статье сообщает, что неожиданно **наткнулся на ранее никем не замеченный источник существенной нелинейности транзисторных УМЗЧ**. При расчете и испытаниях вход УМЗЧ обычно подключают к источнику с нулевым или малым выходным сопротивлением (популярная Audio Precision System One имеет  $R_{вых}=50$  Ом). Но реальное внутреннее сопротивление источника сигнала УМЗЧ чаще всего значительно больше. Например, тривиальный 10-килоомный пассивный регулятор громкости в среднем положении движка имеет  $R_{вых}=5$  кОм, т.е. на 2 порядка больше расчетного. Спектральный анализ искажений типового УМЗЧ (рис. 6) при разных  $R_s$  от 50 Ом до 3,9 кОм совершенно неожиданно (О, сколько нам открытий чудных готовит ... случай, бог изобретатель) засвидетельствовал (рис. 7) **увеличение искажений чуть ли не на порядок!** Невероятно, но факт: транзисторный УМЗЧ с общей ООС обеспечивает потрясающую линейность, но *только* для каскадов/элементов, охваченных этой самой ООС. В рассматриваемой схеме - это все элементы от базы TR2 до выхода УМЗЧ. Однако, ток базы TR2, как и резистор  $R_s$ , оказываются *вне* петли ООС. А теперь вспомним, что вольт-амперная характеристика биполярного транзистора довольно нелиней-

искажений в УМЗЧ выбирают побольше. Из всего сказанного Дуглас сделал вывод, что единственным способом устранения искажений УМЗЧ из-за нелинейности входных токов является применение во входном каскаде полевых транзисторов («нет тока - нет проблемы»). К сожалению, дискретные «полевки» (по сравнению с биполярными транзисторами) имеют значительно **большой** разброс как напряжений отсечки, так и крутизны (что требует применения специальных мер по поддержанию нуля на выходе усилителя), поэтому наиболее целесообразным решением проблемы являются ОУ с входными каскадами на полевых транзисторах или интегральные пары полевых транзисторов («Electronics World» №5/2003, с.53-56).

Примечание Н.Сухова.

*Выводы Дугласа хорошо согласуются с моими собственными наблюдениями. В своё время я почти интуитивно нашел, что лучше всего УМЗЧ ВВ (см. «РХ» №5/2002, с.26-35) звучит с входным ОУ на полевых транзисторах. Сравнение моего варианта с альтернативными, например, предложенными С.Агеевым и К.Мкртчяном (оба - модификации УМЗЧ ВВ с входом на биполярных ОУ 140УД11), на первый взгляд, явного лидера не выявило. Но достаточно последовательно со входом УМЗЧ ввести резистор сопротивлением, например, 5...10 кОм (т.е. подключить обычный регулятор громкости), и все становится на свои места.*

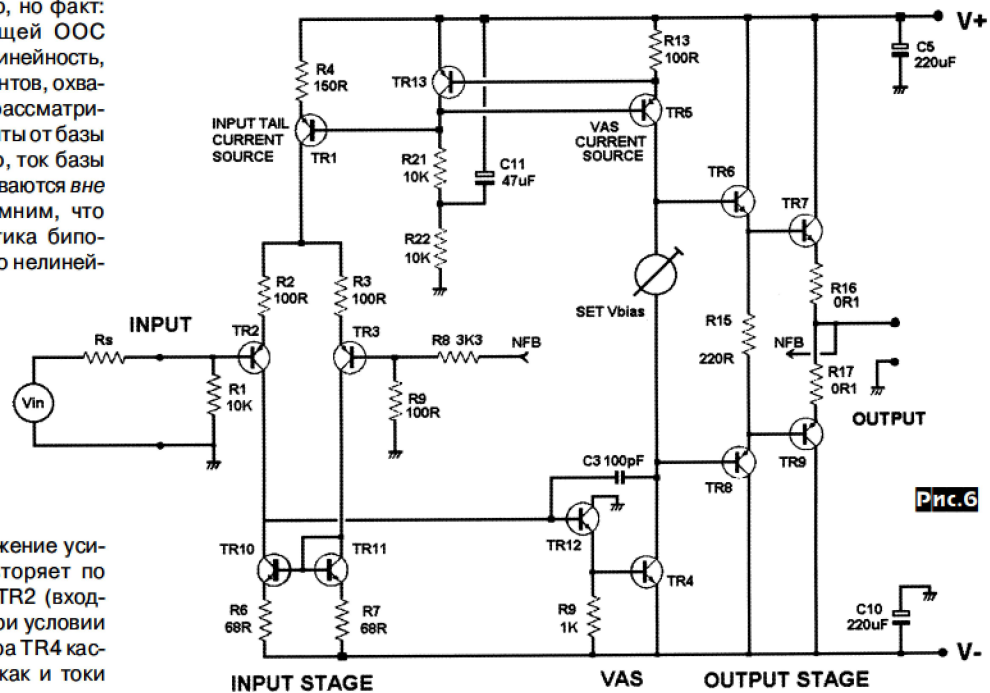


Рис.6

на, т.е. если выходное напряжение усилителя почти идеально повторяет по форме напряжение на базе TR2 (входное напряжение усилителя при условии  $R_s=0$ ), то ток базы транзистора TR4 каскада усиления напряжения, как и токи коллектора и базы TR2 связаны с этим напряжением довольно *нелинейной* зависимостью. Иначе говоря, ток базы TR2 весьма *нелинейно* связан с напряжением входного звукового сигнала. Чтобы расставить все точки над *i*, вспомним закон Ома и убедимся, что нелинейный ток базы TR2 создает на резисторе  $R_s$  нелинейное напряжение  $U_{нел} = I_{TR2} \cdot R_s$ , которое суммируется с входным и искажает последнее еще *до* поступления на базу TR2 и, кроме того, совершенно *не* уменьшается петлей ООС! Патовость ситуации состоит в том, что отмеченный эффект тем больше, чем больше ток коллектора транзисторов входного каскада - а его для обеспечения достаточной скорости нарастания и исключения динамических интермодуляционных

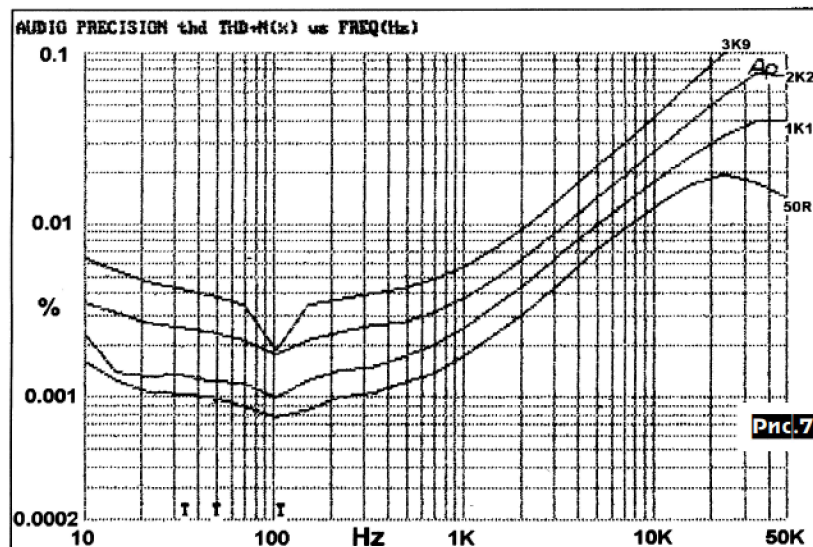


Рис.7