

Возвращаясь к напечатанному
(№9/10, С.3)

УМЗЧ по заветам Marantz'a

Встретив в журнале статью про легендарный усилитель Marantz'a "PM8", схему которого уважаемый автор, И.Пугачев из г.Минска, перевел на отечественные комплектующие, я заинтересовался и решил ее промоделировать, подобрав транзи-

сторы из библиотеки программы MatLab, максимально близкие по параметрам к указанным. Для предметности разговора привожу схему УМЗЧ из статьи (рис.1). В результате моделирования возникли некоторые вопросы:

А.ПЕТРОВ,
г.Могилев.

1. Напряжение на конденсаторе СЗ показано на рис.2 (на этом рисунке — С6). Предварительно с помощью резистора R23 (R9 и R31 в оригинальной схеме) производилась балансировка для получения нуля на выходе усилителя. Как видно из рисунка, напряжение на конденсаторе на частоте 20 Гц имеет размах от -90 до +80 мВ при постоянном напряжении смещения -11 мВ. Такой режим для электролитического конденсатора нежелате-

Рис. 1

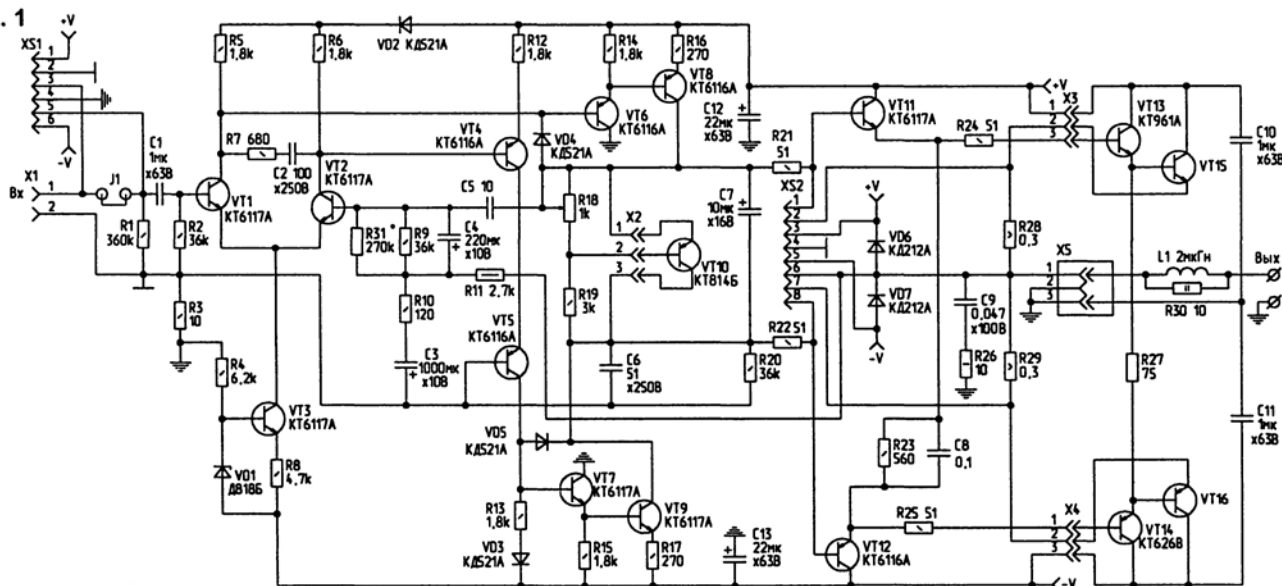
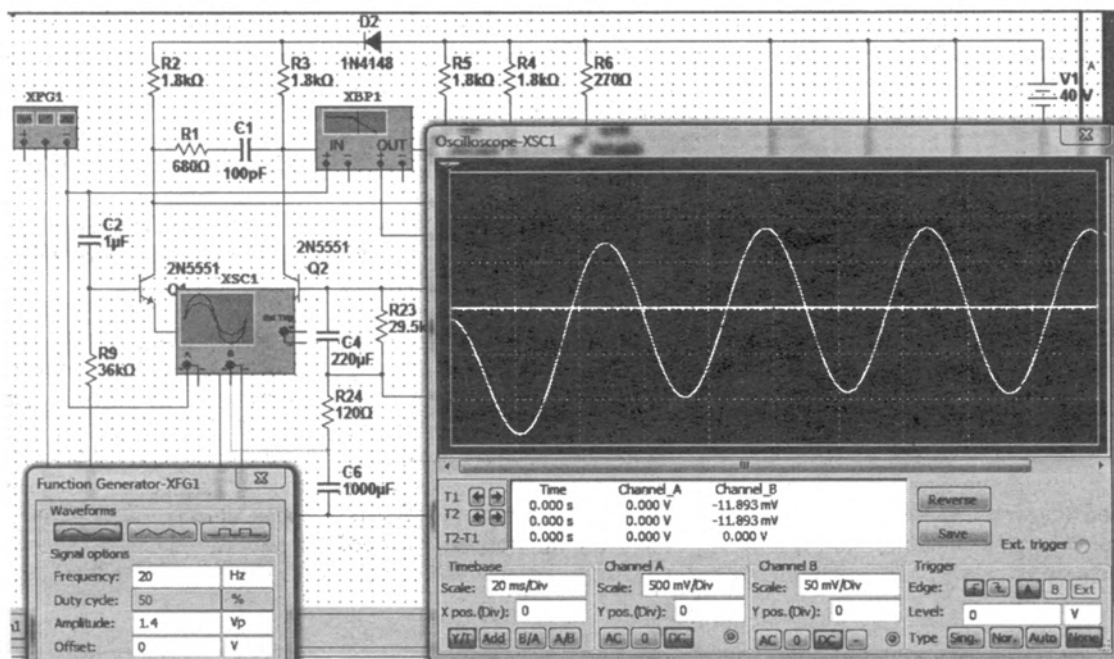


Рис. 2



лен, поскольку постоянное напряжение на нем должно превышать переменную составляющую. На мой взгляд, без этого конденсатора вполне можно обойтись.

2. В оригинальной схеме усилителя "Marantz PM8" в нагрузке дифференциального каскада (ДК) — два диода (в каждом плече). Назначение этих диодов — не только термоста-

билизация второго каскада (усилителя напряжения — УН), но и снижение искажений (принцип чем-то похож на работу токового зеркала). Поэтому, полагаю, при замене двух диодов на один (VD2 на рис.1) вторая функция этих диодов исключается.

3. АЧХ и ФЧХ схемы показаны на рис.3. На ФЧХ видно отсутствие за-
паса по фазе. "Перелет" фазы за 180°

на частоте единичного усиления составляет 53°. Поэтому вызывает сомнение устойчивость данного усилителя к самовозбуждению, тем более, что наклон АЧХ на частоте единичного усиления близок к 12 дБ/октава (оптимально — 6 дБ/октава).

Должен отметить, что усилитель "со стороны" "детонации" ведет себя неплохо, "джиттер" фазы на входах УН небольшой при изменении нагрузки от 8 до 1 Ом (виртуально можно себе позволить и такой диапазон нагрузок).

4. В литературе неоднократно заострялось внимание на эмиттерных резисторах выходного каскада. Для минимизации искажений, вносимых выходным каскадом, они должны быть как можно меньшей величины (в идеале — вообще отсутствовать). Но с целью улучшения термостабилизации их все-таки устанавливают (желательно сопротивлением не более 0,05...0,1 Ом).

5. Для стабилизации входного сопротивления выходного каскада включен резистор R20 (рис.1), но только в одном плече. В таком включении, полагаю, он создает несимметричную нагрузку по постоянному току.

После получения результатов моделирования я убрал из схемы кон-

Рис. 3

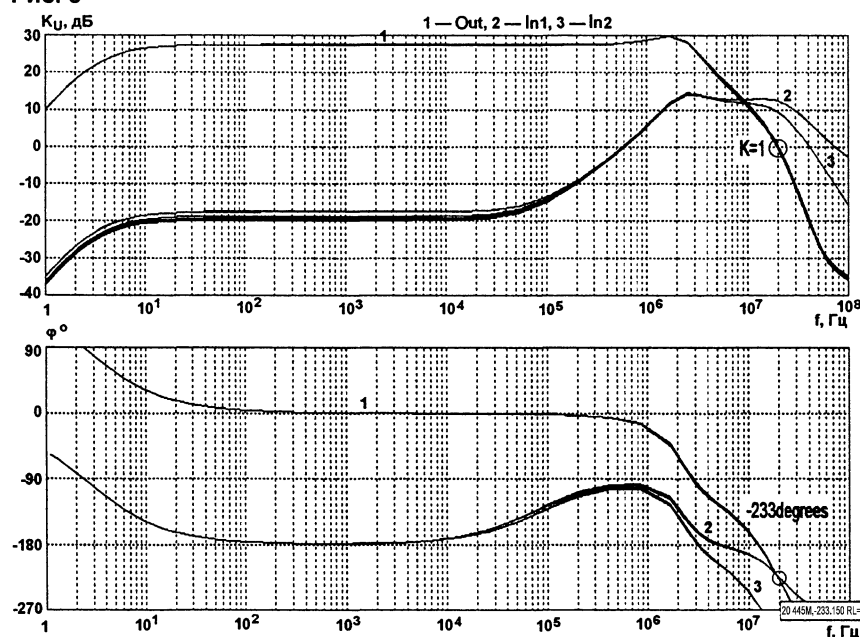
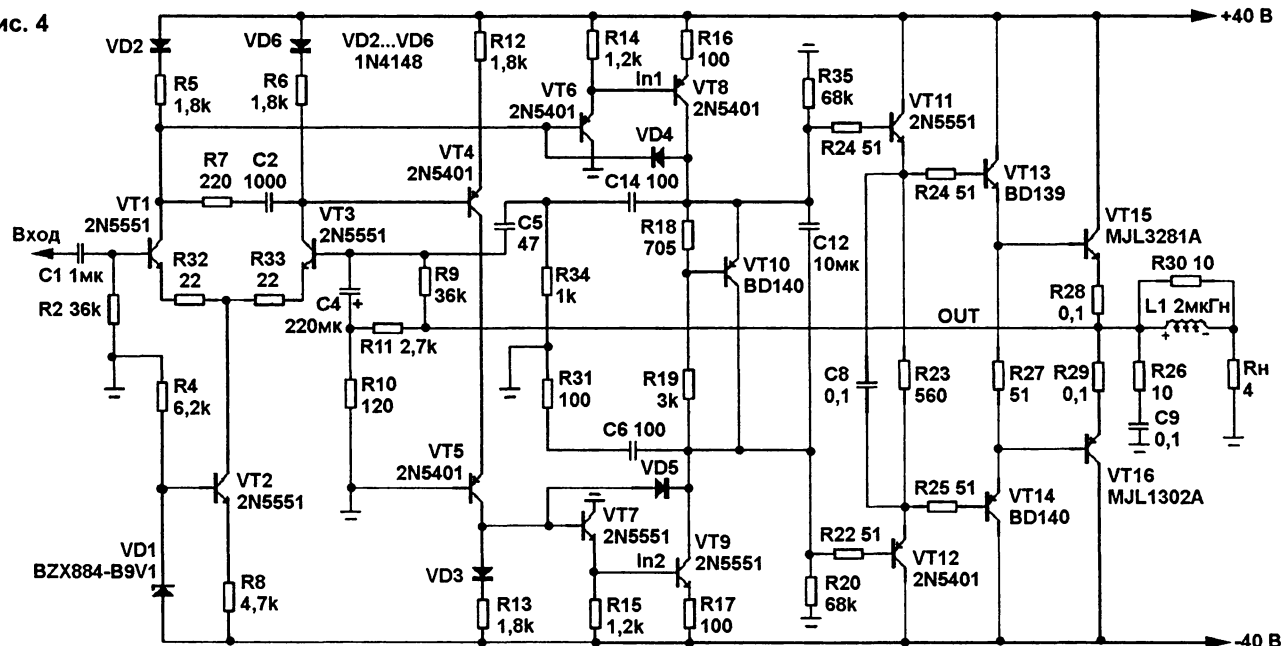


Рис. 4

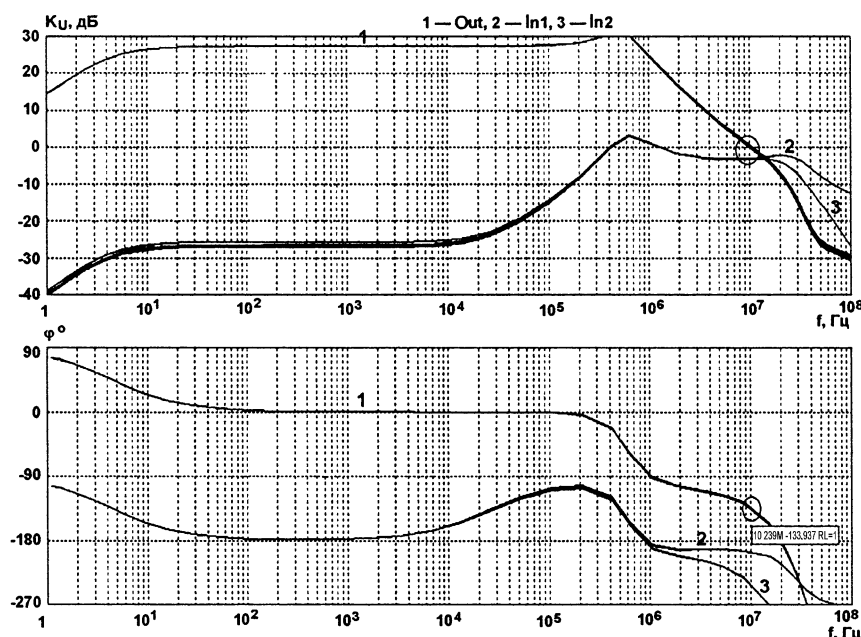


денсатор С3 и немного модифицировал ее (рис.4), применив двухполюсную коррекцию. Искажения на частоте 20 кГц снизились вдвое — до 0,004%, на частоте 1 кГц остались примерно на прежнем уровне — 0,002%. При настройке резистор R34 подбирают по минимуму искажений сигнала меандр. Смоделированные характеристики усилителя приведены на рис.5. В этой схеме усиление ДК снизилось до 24 дБ и появился запас по фазе 46° (обычно достаточно 10...30°) при сохранении большой широкополосности.

От редакции

Мы передали вопросы А.Петрова автору статьи "УМЗЧ по заветам Marantz'a" И.Пугачеву. Он любезно согласился ответить на них. Планируем ознакомить читателей с ответами в следующем номере.

Рис. 5



Смещение в УМЗЧ, или кое-что неизвестное об известном

И.ПУГАЧЕВ,
г.Минск.

Все усилительные приборы (или почти все) требуют установки рабочей точки. И каскады усиления, и повторители напряжения. Не будем касаться ламповой схемотехники — она не развивается, а отживает свой век. А вот транзисторные УМЗЧ — наоборот. Они все время улучшаются и по качеству звучания, и по своей схемотехнике. Правда, развитие идет не так быстро, как хотелось бы.

Рассмотрим выходной каскад типового УМЗЧ (рис.1а). Кстати, ему уже больше 50-ти лет. Выходные эмиттерные повторители VT1 и VT2 подключены базами к точкам А и В каскада усиления напряжения. К этим же точкам подключен источник напряжения смещения $U_{см}$:

$$U_{см} = \sum U_{эб} + I_o \sum R_e,$$

где $\sum U_{эб}$ — сумма напряжений на переходах база-эмиттер всех транзисторов (в данном случае, VT1 и VT2); I_o — ток покоя выходного каскада;

$\sum R_e$ — сумма эмиттерных сопротивлений ($R1+R2$).

Иногда источник смещения не ставится, тогда точки А и В сливаются в одну, а VT1 и VT2 переходят в класс "С" (без начального смещения, с углом отсечки менее 180°).

В УМЗЧ такая схема не находит широкого применения из-за специфических искажений на малых сигналах ("ступеньки"). Также не применяется гальваническая батарея или химический аккумулятор, хотя, теоретически, это возможно. Обычно используются: терморезистор (рис.1б), р-п-переходы одного или цепочки диодов (рис.1в), регулируемый "умножитель напряжения эмиттер-база" (рис.1г).

Все три решения используют отрицательный температурный коэффициент γ , близкий к температурному коэффициенту переходов эмиттер-база VT1 и VT2 (примерно 2 мВ/°С). Схемы на рис.1б и в "в чистом виде" почти не используются. К ним требуется добавлять последовательные или параллельные резисторы для установки необходимого угла отсечки, близкого к 180° (класс "В"). Наибольшее же распространение получила схема

Рис. 1

